



**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

**RANCANG BANGUN *MICRO WIND TURBINE* BERBASIS  
PEMANFAATAN ALIRAN UDARA PADA *OUTDOOR AC*.**

**TUGAS AKHIR**

**Richard Ricardo**

**1121700035**

**TEKNIK MESIN  
TANGERANG SELATAN  
2023**



**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

**RANCANG BANGUN *MICRO WIND TURBINE* BERBASIS  
PEMANFAATAN ALIRAN UDARA PADA *OUTDOOR AC*.**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik**

**Richard Ricardo**

**1121700035**

**TEKNIK MESIN**

**TANGERANG SELATAN**

**2023**

**RANCANG BANGUN *MICRO WIND TURBINE* BERBASIS PEMANFAATAN  
ALIRAN UDARA PADA *OUTDOOR AC*.**

**INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

**SEMESTER GENAP 2023**

I Richard Ricardo<sup>1)</sup>, Rudi Purwo Wijayanto<sup>2)</sup>

1. Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia  
E-mail: richardricardo735@gmail.com

***Abstrak***

Pada penelitian kali ini mengarah pada sumber angin yang dihasilkan dari *exhaust fan outdoor AC* yang sering kita jumpai pada rumah atau kantor. Tujuannya adalah memanfaatkan energi angin menjadi energi mekanis yang bekerja pada *micro turbine* untuk menghasilkan listrik sebagai sumber daya yang terbarukan. Dalam penelitian kali ini merancang *micro wind turbine* dengan tujuan yang meliputi: Mengetahui prinsip kerja turbin angin, membuat prototype turbin angin skala mikro, bagaimana uji kinerja turbin angin dan daya listrik yang dihasilkan dari turbin angin *type savonius VAWT* pada tiga jenis tenaga aliran udara outdoor AC dengan tenaga 0,5pk-2pk. Adapun metodologi sebagai Langkah kegiatan: Studi literatur, *design prototype* dengan *solidworks*, *fabrikasi*, pengujian turbin angin. Pengambilan data dan kesimpulan yang dilakukan selama pengujian kali ini.

**Kata kunci:** *Savonius, VAWT, micro wind turbine.*

Serpong, 08 Agustus 2023

Mengetahui Ka Prodi

(Ir. Jones Victor Tuapetel ST, MT, PhD, IPM, ASEAN-Eng)

**DESIGN OF *MICRO WIND TURBINE* BASED ON AIRFLOW UTILIZATION  
IN  
*OUTDOOR AC.***

**INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
INDONESIA EVEN SEMESTER 2023**

I Richard Ricardo<sup>1)</sup>, Rudi Purwo Wijayanto<sup>2)</sup>

1. Mechanical Engineering Department, Institut  
Teknologi Indonesia E-mail:  
richardricardo735@gmail.com

***Abstract***

In this research, it leads to a wind source generated from the *exhaust fan of outdoor air conditioners* that we often encounter in homes or offices. The goal is to utilize wind energy into mechanical energy that works on a *micro turbine* to generate electricity as a renewable resource. In this research, designing a *micro wind turbine* with objectives that include: Knowing the working principle of wind turbines, making micro-scale wind turbine prototypes, how to test the performance of wind turbines and the electrical power generated from *savonius VAWT type* wind turbines on three types of outdoor AC airflow power with 0.5pk-2pk power. The methodology as a step activity: Literature study, *prototype design* with *solidworks*, *fabrication*, wind turbine testing. Data collection and conclusions made during this test.

**Keywords:** *Savonius, VAWT, micro wind turbine.*

Serpong, August 08, 2023

Knowing the Head of Study Program

(Ir. Jones Victor Tuapetel ST, MT, PhD, IPM, ASEAN-Eng)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmatnya, saya dapat menyelesaikan, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua beserta keluarga yang telah memberikan dukungan moral dan arahan untuk selalu menjaga *attitude* dimanapun tempatnya.
2. Bapak Ir. J. Victor Tuapetel ST, MT, Ph.D, IPM, ASEAN-Eng sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Koordinator Tugas Akhir dan pembimbing yang telah memberikan arahan kepada saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Dwita Suastiyanti Msi, IPM, ASEAN-Eng, sebagai Dosen Penasehat Akademik yang telah memberikan arahan dan semangat motivasi selama perkuliahan di Institut Teknologi Indonesia.
4. Bapak Dr. Eng. Rudi Purwo Wijayanto. ST. MT sebagai pembimbing Tugas Akhir, karena arahan, keilmuan dan motivasi beliau tugas akhir ini dapat di selesaikan dengan baik.
5. Rekan-rekan organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin Institut Teknologi Indonesia yang telah memberikan semangat dan *support* untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Tangerang, Juli 2023

Penulis

Richard Ricardo

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv

### 1.1 BAB 1

Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 State Of The Art .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
<b>2.1 BAB 2</b>	
Potensi Dan Pemanfaatan Angin Di Indonesia .....	7
2.1.1 Potensi Angin Di Indonesia .....	7
2.1.2 Perkembangan PLTB Di Indonesia.....	8
2.2 Konversi Energi Angin .....	9
2.2.1 Jenis Dan Karakteristik Energi Angin.....	9
2.2.2 Angin Non Natural .....	9
2.2.3 Pemanfaatan Energi Angin Pada <i>Ehaust</i> .....	10
2.2.4 Rumus Konversi Energi Angin .....	10
2.3 Perkembangan Turbin Angin .....	12
2.3.1 Fungsi Turbin Angin .....	12
2.3.2 Jenis-jenis Turbin Angin .....	12

2.3.3	<i>Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)</i> .....	14
2.3.4	<i>Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)</i> .....	15
2.4	Komponen Turbin Angin .....	16
2.4.1	<i>Blade/Bilah</i> .....	16
2.4.2	Generator.....	16
2.4.3	Sistem Konverter.....	17
2.4.4	Sistem <i>Management</i> Energi Baterai.....	17
3.1	<b>BAB 3</b>	
	Diagram Alir .....	18
3.2	Fabrikasi Dan Perakitan .....	20
3.3	Komponen Dan Bahan Yang Dibutuhkan <i>Micro Wind Turbine</i> .....	20
3.4	Uji Coba <i>Micro Wind Turbine</i> Pada <i>Exhaust Fan Outdoor AC</i> .....	25
4.1	<b>BAB 4</b>	
	Pengambilan Data Daya Listrik Yang Dihasilkan <i>Micro Wind Turbine</i> .....	26
4.2	Pembahasan Kecepatan Angin Dan <i>Micro Wind Turbine</i> Dengan Memanfaatkan Aliran Udara Pada <i>Exhaust Fan Outdoor AC</i> .....	26
4.3	Perhitungan Efisiensi <i>Micro wind Turbine</i> .....	27
5.1	<b>BAB 5</b>	
	Kesimpulan.....	28

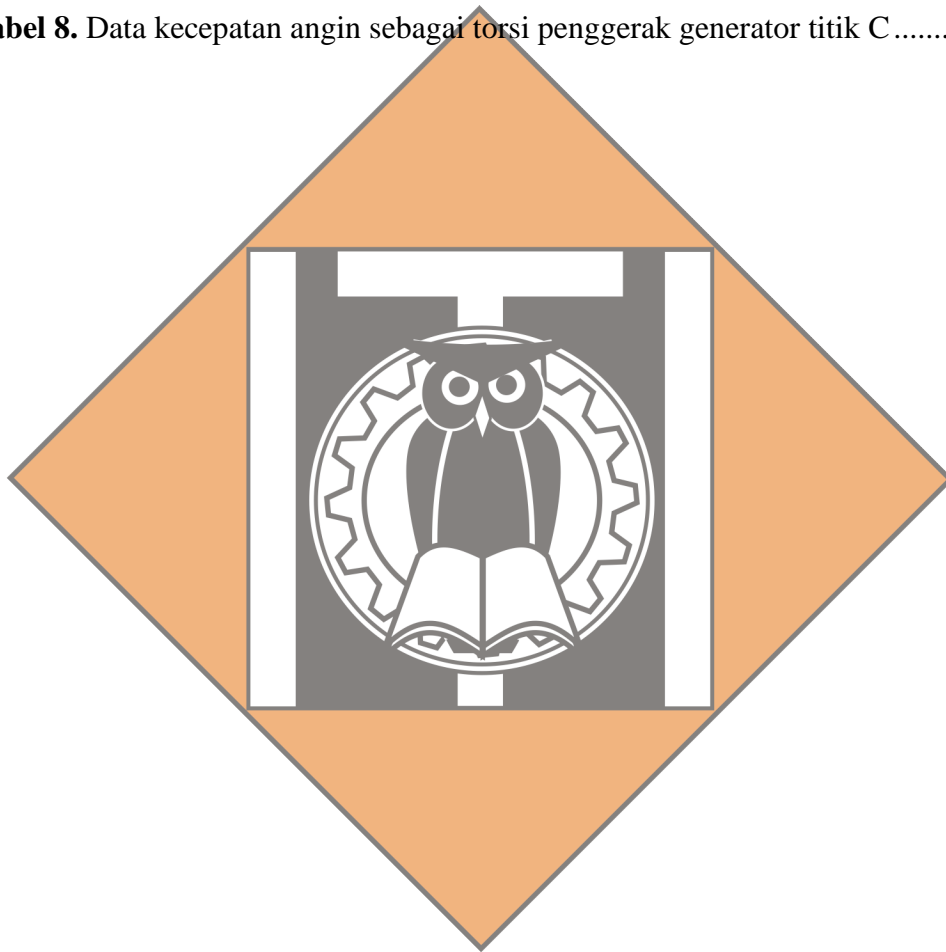
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Peta Kecepatan Angin Di Indonesia .....	8
<b>Gambar 2.2</b>	PLTU sidarap .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Diagram Kecepatan Daya Cp .....	13
<b>Gambar 2.4</b>	Diagram <i>Type Wind Turbine</i> .....	13
<b>Gambar 2.5</b>	<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i> .....	14
<b>Gambar 2.6</b>	<i>Vertical Axis Wind Turbine</i> .....	15
<b>Gambar 2.7</b>	<i>Blade/Bilah</i> .....	16
<b>Gambar 2.8</b>	Generator DC .....	16
<b>Gambar 2.9</b>	Sistem Konverter .....	17
<b>Gambar 2.10</b>	Sistem <i>Management Energi Baterai</i> .....	17
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Prototype Design Micro Wind Turbine</i> .....	19
<b>Gambar 3.2</b>	Akrilik 50x60 .....	20
<b>Gambar 3.3</b>	Lem Akrilik .....	21
<b>Gambar 3.4</b>	Anemometer .....	21
<b>Gambar 3.5</b>	Pisau Cutter .....	22
<b>Gambar 3.6</b>	Generator DC .....	22
<b>Gambar 3.7</b>	Pemotongan paralon 2,5” sebagai bilah .....	23
<b>Gambar 3.8</b>	Pemotongan akrilik .....	23
<b>Gambar 3.9</b>	Pemasangan bearing pada turbin angin tipe savonius .....	23
<b>Gambar 3.10</b>	Pemasangan turbin pada base akrilik .....	24
<b>Gambar 3.11</b>	Pemasangan .....	24
<b>Gambar 2.12</b>	Uji coba kecepatan Aliran udara outdoor AC 0,5pk-2pk .....	24



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Data Tingkat Potensi Kecepatan Angin Di Indonesia .....	7
<b>Tabel 2.</b> Sumber: LAPAN <i>Wind</i> Data.....	8
<b>Tabel 3.</b> Alat yang digunakan pada waktu fabrikasi.....	20
<b>Tabel 4.</b> Komponen Pada <i>Micro wind Turbine</i> .....	20
<b>Tabel 5.</b> Uji coba kecepatan angin pada <i>exhaust fan outdoor AC</i> .....	23
<b>Tabel 6.</b> Data kecepatan angin sebagai torsi penggerak generator .....	23
<b>Tabel 7.</b> Data daya listrik yang dihasilkan pada tiga uji coba turbin.....	25
<b>Tabel 8.</b> Data kecepatan angin sebagai torsi penggerak generator titik C.....	26



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan konsumsi energi sebanyak 4,3 persen setiap tahun memacu ilmuwan untuk meneliti energi alternatif yang bisa digunakan secara terus-menerus dan ramah lingkungan. Beberapa sumber energi *alternative* dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik, seperti energi air (PLTA dan PLTMH), energi panas bumi (PLTPB), energi sinar matahari (*Solar Photovoltaic* / PLTS), dan energi angin (PLTB). Upaya untuk mereduksi penggunaan sumber fosil sebagai sumber utama pada pembangkit listrik tenaga diesel dilakukan melalui pemanfaatan energi alternatif. Potensi tenaga angin merupakan salah satu dari sumber energi baru terbarukan yang murah, ramah lingkungan dan pasti ada walaupun di daerah terpencil seperti daerah kepulauan. Potensi tersebut sampai saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di daerah tersebut, khususnya untuk pulau-pulau terpencil yang belum teraliri listrik dan belum terjangkau oleh jaringan listrik PT. PLN (Persero). Turbin angin poros horizontal merupakan salah satu alat yang memanfaatkan energi angin sebagai sumber tenaganya. Prinsip alat ini mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik dan selanjutnya digunakan sebagai penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh jumlah sudu terhadap daya output yang dihasilkan turbin angin. (A Yani 2020)

Ketersediaan energi fosil didunia sudah kian menipis dari tahun ketahun. Menurut International *Energy Agency* atau IEC yaitu Badan Energi Dunia mengatakan bahwa hingga tahun 2030 permintaan energi dunia meningkat sebesar 45% atau rata-rata mengalami peningkatan sebesar 1,6% per tahun. Sebagaimana besar atau sekitar 80% kebutuhan energi dunia tersebut dipasok dari bahan bakar fosil yang terdiri dari batubara, gas dan minyak bumi. Peningkatan tersebut sewaktu-waktu dapat mengakibatkan habisnya energi fosil yang nantinya dapat mengakibatkan ketersediaan listrik yang menurun. Sebelum semua itu terjadi, lebih baik mengurangi pemakaian energi tersebut dan menggantinya dengan energi terbarukan antara lain air, angin, dan cahaya matahari. Angin merupakan salah satu energi terbarukan yang terdapat hampir diseluruh penjuru dunia, dan merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sering dipakai hampir diseluruh dunia terutama di Belanda sampai disebut

negara kincir angin. Sudah seharusnya negara-negara yang memiliki angin dalam kecepatan yang cukup seperti Indonesia yang merupakan salah satu negara yang memiliki angin yang cukup kencang terutama didataran tinggi dan dipinggir pantai, menggunakan sumber energi ini dengan dibantu turbin angin dan generator untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik berasal dari dua sumber yaitu energi yang bisa diperbaharui dan energi yang tidak bisa diperbaharui yang termasuk dalam energi yang bisa diperbaharui adalah tenaga surya, energi gelombang laut energi angin tetapi membutuhkan penelitian untuk pengembangannya di Indonesia. Generator adalah salah satu mesin listrik yang bekerja memanfaatkan energi gerak/mekanik untuk dikonversi menjadi energi listrik yang bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Generator menggunakan prinsip eksperimen *Faraday* yaitu memutar magnet secara relatif terhadap kumparan atau sebaliknya. Energi mekanis ini dihasilkan dari hasil kerja turbin angin yang memiliki dua jenis yaitu:

1. Turbin angin yang berputar pada sumbu horizontal dikenal sebagai *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)*.
2. Turbin angin yang berputar pada sumbu vertikal dikenal sebagai *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*.

Turbin angin horizontal adalah model umum yang sering dapat diamati dengan desain yang mirip dengan kincir angin, memiliki bilah dan berputar pada sumbu vertikal. Turbin angin horizontal memiliki poros rotor dan generator di bagian atas menara dan harus diarahkan pada arah tiupan angin. Turbin skala kecil mengarahkan posisi sumbu menggunakan sudu yang mengatur sumbu untuk melawan angin sehingga diperoleh kecepatan putar maksimal. Sedangkan untuk turbin skala besar dilengkapi sensor yang terhubung ke motor servo yang mengarahkan bilah melawan arah angin. Sebagian besar turbin berskala besar memiliki *gearbox* untuk menaikkan kecepatan rotasi dari turbin ke rotor. Turbin angin vertikal memiliki poros rotor vertikal. Keuntungan utama turbin jenis ini adalah tidak perlunya mengarahkan ke hembusan angin. Hal ini sangat berguna pada daerah dimana arah angin sangat bervariasi atau memiliki turbulensi. Dengan sumbu vertikal, generator dan komponen utama lainnya dapat ditempatkan dekat dengan permukaan tanah, sehingga tidak memerlukan penyangga yang membuat dorongan horizontal saat turbin berputar. (Agus Ulinuha, Wahyu Adi Widodo 2018)

Pada penelitian kali ini mengarah pada sumber angin yang dihasilkan dari *exhaust fan outdoor AC* yang sering kita jumpai pada rumah atau kantor. Tujuannya adalah memanfaatkan energi angin menjadi energi mekanis yang bekerja pada *micro turbine* untuk menghasilkan listrik sebagai sumber daya yang terbarukan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan permasalahan pada tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana prinsip kerja turbin angin?
2. Bagaimana membuat *prototype* turbin angin skala mikro?
3. Bagaimana uji kinerja turbin angin?
4. Berapa daya yang dihasilkan dari turbin angin?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui prinsip kerja sistem VAWT.
2. Menganalisa potensi angin dari *outdoor AC* yang dimanfaatkan.
3. Membuat *prototype* turbin angin.
4. Menganalisa daya listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.

## 1.4 Batasan Masalah

Pada penulisan Tugas Akhir ini hal-hal penelitian dibatasi pada masalah-masalah seperti berikut:

1. Jenis turbin yang digunakan VAWT.
2. Menggunakan *exhaust fan* pada *outdoor AC* dengan daya 0,5pk, 1pk dan 2pk

## 1.5 State Of The Art

Sudirman Lubis , Faisal Lubis dan Partanonan Harahap. Penelitian ini bertujuan untuk merealisasikan pembangkit listrik tenaga angin alternatif dengan memanfaatkan alternator mobil sehingga dapat membantu menyediakan sumber listrik yang terbarukan. Penelitian ini dilakukan di Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) dengan pemanfaatan laboratorium fakultas teknik. Pengujian dimulai dari desain, pengukuran tegangan dan arus pada alternator dan kemudian mengukur suhu normal pada regulator. Hasil yang diperoleh diketahui bahwa turbin angin sebagai penggerak awal alternator dapat menghasilkan tenaga angin. Tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan sangat tergantung pada kecepatan angin yang dihasilkan tetapi sangat membantu dalam menyediakan listrik dan mengurangi beban rumah tangga sehingga dapat digunakan sebagai alternatif energi baru terbarukan(1).

Thoha Rifai, Gun Gun Ramdhan Gunadi, dan Emir Ridwan. Dalam kasus rancang bangun ini, digunakanlah Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV) dengan mengambil tipe Savonius karena memiliki drag yang lebih tinggi dari pada jenis turbin vertikal lainnya. Jalan tol merupakan salah satu jalur panjang dengan kepadatan rendah dimana mobil dapat melaju dengan cepat diatas 60 km/jam dan menghasilkan kecepatan angin sekitar 3 - 15 m/s. Dengan memanfaatkan kecepatan sebesar itu pastinya dapat menghasilkan angin yang cukup kuat untuk dapat menggerakkan turbin *Savonius*. Kecepatan putaran pada turbin *Savonius* ini nantinya akan dikonversikan oleh shaft yang dihubungkan dengan generator menggunakan *pulley* dan belt agar dapat menghasilkan listrik yang dapat digunakan untuk keperluan pada jalan tol, terutama jalan tol Jatiasih. Berdasarkan perhitungan pada desain turbin savonius, didapatkan daya turbin sebesar 232,63 watt dan diharapkan dapat menghasilkan daya listrik yang maksimal(2).

Moh. Julianto. Indonesia sudah dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya energi fosil dan energi baru terbarukan, Selama ini energi fosil yang bersifat *unrenewable* masih sangat di butuhkan bagi kehidupan masyarakat Indonesia sedangkan energi yang bersifat *renewable* (terbarukan) relatif belum banyak

dimanfaatkan. Salah satu sumber daya EBT yang potensial untuk dikembangkan adalah angin, di Indonesia rata-rata kecepatan angin berkisar antara 3m/s-6m/s. turbin angin savonius sumbu vertikal adalah Salah satu alat yang dapat digunakan sebagai energi terbarukan dengan memanfaatkan angin berkecepatan rendah, namun masih mempunyai kelemahan efisiensi yang rendah di bandingkan turbin lainnya. Penelitian dilakukan dengan menguji model turbin angin tipe- Swirling Savonius dengan penambahan deflektor diam, adapun variasi bebas penelitian ini adalah jumlah bilah deflektor yaitu 4, 8, 12, 16 sudu dengan sudut 45°, Pengujian ini dilakukan pada kondisi angin buatan. Uji eksperimen ini untuk mengetahui efisiensi penambahan Deflektor terhadap kinerja turbin angin Swirling Savonius 1 tingkat 2 blade. Hasil penelitian memaparkan bahwa jumlah sudu 12 adalah jumlah sudu yang menghasilkan kinerja yang terbaik dengan daya sebesar 2,724 Watt dan nilai efisiensi sebesar 24,960% pada kecepatan angin 6 m/s(3).

Muhammad Suprpto. Di era globalisasi sekarang ini perkembangan teknologi semakin pesat baik itu industri besar maupun di industri kecil yang mana manfaatnya sangat terasa bagi kehidupan masyarakat, perkembangan teknologi ini berakibat pada peningkatan kebutuhan listrik yang semakin meningkat. Metode yang digunakan pada penelitian yaitu metode eksperimen, dengan memvariasikan jumlah sudu 4, 6 dan 8 sudu dan kecepatan angin 3.3, 5, 7, dan pada turbin angin tipe vertikal. Dari hasil eksperimen dan analisis didapat data unjuk kerja turbin angin vertikal dengan daya terendah yaitu 7,63 watt dan putaran rotor 75.1 rpm pada kecepatan angin 3,3 m/s, pada kecepatan angin 3 m/s(4.)

Mawadah Wr Febriyani, I Wayan Sukerayasa, Cokorde Gede Indra Partha. Kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat, terutama dalam realisasi konsumsi listrik yang mencapai 20,18 TWh pada bulan Juli 2020. Dalam pemenuhan energi Indonesia masih disokong energi fosil. Cadangan energi fosil Indonesia terus menurun, sehingga perlu dilakukan peningkatan bauran energi non fosil, salah satunya adalah energi angin. Angin keluaran exhaust fan merupakan energi buang yang mempunyai potensi untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik tenaga angin berskala mikro. Telah dilakukan Rancang Bangun Sistem Pemanen Energi Angin Exhaust Fan Dengan Pengaruh Jarak Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) Bilah Exhaust Fan, dalam penelitian ini dilakukan uji untuk menentukan output optimal dari generator dengan memperhatikan performa exhaust fan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memudahkan penulisan laporan tugas akhir ini penulis membuat sistematika penulisan sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, *State Of The Art*, dan Sistematika Penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori dasar yang berhubungan dengan definisi, perhitungan-perhitungan yang sangat erat dengan permasalahan yang sedang dibahas.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang diagram alir serta penjelasan pada diagram alir penelitian Tugas Akhir.

### **BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang fabrikasi dan perakitan, data kecepatan angin, data daya listrik yang dihasilkan dan pembahasan *micro wind turbine*.

### **BAB 5 KESIMPULAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil uji coba *micro wind turbine* dari aliran udara *outdoor AC*.

### **DAFTAR PUSTAKA**



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Potensi Angin Dan Pemanfaatannya Di Indonesia.

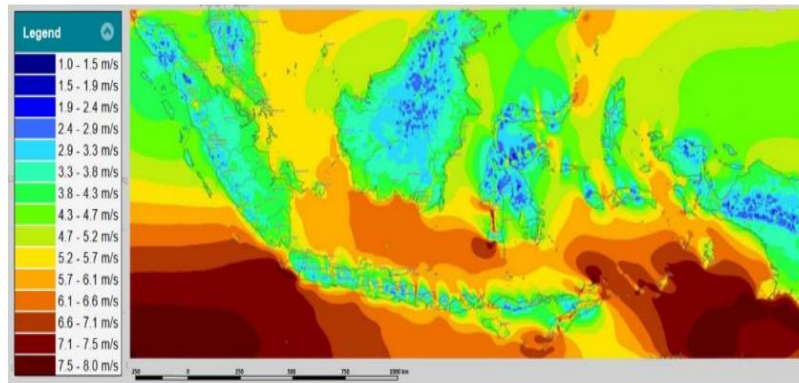
##### 2.1.1 Potensi Angin Di Indonesia

Indonesia mempunyai potensi energi bayu untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) sebesar 60,6 GW dan saat ini masih sangat kecil potensi yang sudah dimanfaatkan. PLTB Sidrap merupakan salah satu pemanfaatan energi bayu tersebut dan sudah beroperasi sejak tahun 2018 dengan kapasitas terpasang 75 MW. PLTB secara teknis sudah berperan dalam menyumbang pengembangan energi baru terbarukan (EBT), namun secara ekonomis pengembangan ke depan masih banyak tantangan yang harus diselesaikan. Dalam makalah ini dilakukan inventarisasi perencanaan pengembangan PLTB dan dianalisis berdasarkan kebijakan biaya pokok penyediaan (BPP) pembangkitan. Pengembangan PLTB berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pada tahun 2025 direncanakan mencapai 1.800 MW, sedangkan dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) sekitar 1.007 MW. Rencana ini terkait dengan target pemerintah dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk meningkatkan bauran EBT sebesar 23% dari total penyediaan energi nasional pada tahun 2025. Target pengembangan EBT banyak mengalami kendala terutama dengan dikeluarkannya kebijakan BPP pembangkitan. BPP pembangkitan mengatur harga pembelian listrik untuk setiap wilayah kepada investor pembangkit listrik. Kebijakan ini membuat banyak potensi PLTB tidak ekonomis untuk dikembangkan. Pemikiran dan terobosan baru perlu dicari supaya target bauran EBT dalam KEN dapat tercapai. (ESDM 2020)

Tabel.1 Data tingkat potensi kecepatan angin di Indonesia

No.	Potensi Angin	Kecepatan Angin Pada Ketinggian 50m(m/s)	WPD 50m (W/m <sup>2</sup> )	Jumlah Lokasi
1	Rendah	3.0-4.0	<75	84
2	Sedang	4.0-5.0	75-100	34
3	Baik	>5.0	>150	35



Tabel. 2 Sumber: LAPAN *Wind Data*.**Gambar 2.1.** Peta kecepatan angin di Indonesia Badan Data Statistik

### 2.1.2 Perkembangan PLTB Di Indonesia

Pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang dapat mengkonversi energi angin menjadi energi listrik. Energi angin memutar turbin angin. Turbin angin yang berputar juga menyebabkan berputarnya rotor generator karena satu poros sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Penggunaan energi angin sebagai energi utama dalam pembangkitan energi listrik saat ini tentunya tidak lepas dari sejarah penggunaan angin dalam pemenuhan kebutuhan hidup manusia. Menurut data Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019 yg dirilis oleh Kementerian ESDM Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, pengoperasian pembangkit listrik di Sulawesi selatan dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Non-PLN, pembangkit Non-PLN merupakan pembangkit yang dimiliki oleh Perusahaan swasta atau Independence Power Producer (IPP) dan Perusahaan yang memiliki Izin Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (IUPTL) seperti pemegang wilayah usaha ketenagalistrikan dan pemegang Izin Operasi (IO). Seluruh PLTB yg beroperasi di provinsi Sulawesi selatan dioperasikan oleh IPP.

**Gambar 2.2** PLTB Sidarap-ecologi.com

## 2.2 Konversi Energi Angin.

### 2.2.1 Jenis dan Karakteristik Energi Angin

Energi angin sudah bersaing dengan pembangkit listrik lain di daerah dengan karakteristik angin yang memadai; namun, analisis kecepatan angin harus dilakukan setidaknya setahun sekali di daerah dengan potensi angin yang tidak mencukupi. Angin didefinisikan sebagai arah dan kecepatan udara yang disebabkan oleh tekanan udara yang disebabkan oleh perbedaan suhu di permukaan bumi. Energi angin adalah jenis energi terbarukan yang ditangkap oleh turbin angin, yang beroperasi menggunakan energi kinetik angin. Secara teknis, energi angin didefinisikan sebagai penggunaan energi kinetik yang dibawa oleh massa udara ketika mencapai kecepatan tertentu, yang juga mampu menghasilkan listrik. Angin adalah sumber energi terbarukan yang terus-menerus diisi ulang oleh alam. Besaran rapat daya dapat digunakan untuk menggambarkan potensi angin pada suatu lokasi tertentu, dimana daya angin dipengaruhi oleh kecepatan angin, massa udara, dan luas penampang sudu kincir angin. Menurut National Geographic, angin dibentuk oleh matahari yang tidak merata memanaskan permukaan bumi. Energi angin adalah energi terbarukan yang bermanfaat untuk menghasilkan energi listrik oleh manusia. Hal ini disebabkan oleh arus udara yang bersirkulasi di litosfer akibat perbedaan suhu. Angin di Pembangkit listrik, dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Angin Alami, merupakan angin yang timbul dari pergerakan udara dari daerah bertekanan tinggi menuju daerah tekanan rendah. Peristiwa tersebut disebabkan oleh pemanasan yang tidak merata antara permukaan bumi dengan matahari. Udara yang lebih panas naik dan udara yang lebih dingin mengalir untuk menggantikannya. Memiliki karakteristik Kecepatan dinamis, tidak bisa diprediksi, tidak mudah diatur dan diarahkan.

2. Angin Buatan (*Non natural*), merupakan angin yang timbul dari keluaran udara exhaust fan, kipas, blower dan sejenisnya. Memiliki karakteristik kecepatan konstan, mudah diatur dan diarahkan.

### 2.2.2 Angin Non Natural

Angin buatan yaitu hasil energi buangan (*waste energy*) dari *exhaust fan* sebagai salah satu opsi sumber energi alternatif untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). pemanfaatan energi angin buangan *exhaust fan* di sebuah industri sebagai sumber energi

pembangkit listrik tenaga bayu dapat menghemat penggunaan energi hingga 13% per tahun pada industri tersebut. Pemanfaatan udara buang pada *exhaust fan* untuk pembangkit listrik dapat diimplementasikan secara optimal dengan menempatkan turbin angin berhadapan dengan udara buangan *exhaust fan* menghasilkan kecepatan angin yang stabil dan memiliki arah angin yang tetap jika dibandingkan dengan angin alami.

### 2.2.3 Pemanfaatan Energi Angin Pada *Exhaust*

Pada penelitian ini dilakukan dengan membuat prototipe pembangkit listrik tenaga bayu tipe *vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) memiliki tingkat efisiensi yang lebih optimal dari turbin angin tipe *Horizontal*. Pengujian dilakukan dengan sumber angin berasal dari energi buang *exhaust fan* dengan *wind tunnel* untuk mengarahkan angin. untuk menghasilkan energi listrik sehingga mendapatkan output maksimal dan potensial daya generator optimal serta minimalisasi kenaikan arus pada sumber *exhaust fan* akibat desain dan penambahan *wind tunnel*. (Reki Aji Saputra<sup>1</sup> , Cokorde Gede Indra Partha, I Wayan Sukerayasa, 2021)

### 2.2.4 Rumus Konversi Energi Angin

Rumus yang digunakan untuk menentukan angin seperti halnya energi kinetik dari sebuah benda dengan massa ( $m$ ) dan kecepatan ( $v$ ) adalah:

Dengan

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

$E$  = Energi Kinetik (*joule*)

$M$  = Massa Udara (*kg*)

$V$  = Kecepatan Angin (*m/s*)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor. Dengan menganggap suatu penampang melintang  $A$ , dimana udara dengan kecepatan  $v$  mengalami pemindahan *volume* untuk setiap satuan waktu, yang disebut dengan aliran *volume*  $V$  sebagai persamaan:

Dengan  $V = vA$

$V$  = Laju Volume ( $m^3/s$ )

$v$  = Kecepatan Angin (*m/s*)

$A$  = Luas Sapuan Rotor ( $m^2$ )

Sedangkan aliran massa dengan kecepatan udara  $p$  sebagai:

$$m = \rho Av$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang  $A$  sebagai energi  $P$  yang ditunjukkan dengan mensubstitusi persamaan (2) ke persamaan (2) menjadi:

Dengan 
$$P = \frac{1}{2} p \cdot A \cdot v^3$$

$P$  = Daya Mekanik ( $W$ )

$v$  = Kecepatan Angin ( $m/s$ )

$p$  = Densitas Udara

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

$C_p$  = Power Coefisien

Perhitungan untuk menentukan *Tip Speed Ratio (TSR)*:

Dengan 
$$\lambda = \frac{\omega \cdot r}{v_0}$$

Perhitungan untuk Menentukan shaft speed dan gaya Torsinya:

Dengan 
$$SS = \frac{60 \cdot \lambda \cdot v}{\pi \cdot D}$$

$$T = \frac{v^2 \cdot r^3}{\lambda}$$

$\lambda$  = Tip speed Ratio

$v$  = Kecepatan Angin ( $m/s$ )

$r$  = Jari-jari blade ( $m$ )

$T$  = Torsi

Sedangkan untuk menentukan Koefisien torsi menggunakan rumus :

Dengan 
$$C_q = C_p / \lambda$$

Efisiensi turbin dapat dihitung menggunakan Persamaan:

$$Efisiensi = \frac{p \text{ Output}}{p \text{ Maksimum}} = \frac{p \text{ Output}}{\frac{1}{4} \rho Av^3}$$

Dimana:

$A$  = Luas Penampang ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan Angin ( $m/s$ )

$\rho$  = Massa Jenis ( $kg/m^3$ )

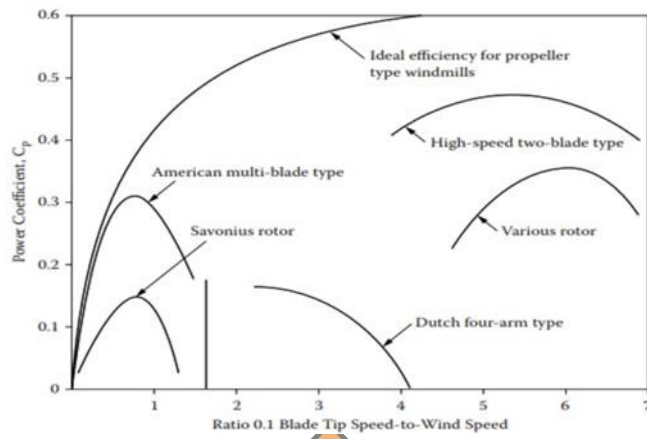
## 2.3 Perkembangan Turbin Angin

### 2.3.1 Fungsi Turbin Angin

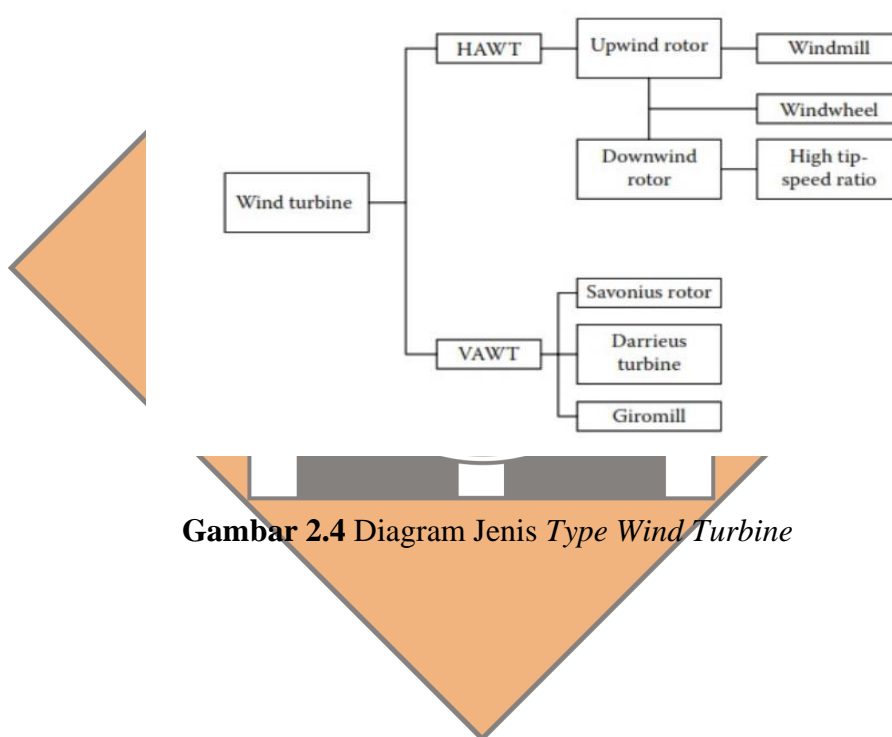
Kincir angin modern merupakan mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, disebut juga dengan turbin angin. Pada dasarnya, turbin angin ini kebanyakan ditemukan di belahan bumi bagian Eropa dan Amerika Utara. Namun, berkat perkembangan zaman, turbin angin sudah tersebar ke banyak negara salah satunya ada di Sulawesi Indonesia. Turbin angin didesain untuk mengumpulkan dan meksploitasi energi angin yang mengalir melalui turbin tersebut. Untuk membuatnya, perlu penentuan tinggi menara yang optimal, menentukan sistem kontrol, jumlah dan bentuk dari bilah turbin, serta bentuk keseluruhan. Sebuah turbin angin memiliki beberapa komponen penting untuk mendukung mekanisme kerjanya dalam mengkonversi energi kinetik dari angin menjadi energi listrik, contohnya saja sebuah anemometer yang berfungsi untuk mengukur kecepatan angin, serta memberikan data kecepatan tersebut pada sistem kontrol. (Muhammad Fhandra Hardion, 2022)

### 2.3.2 Jenis-jenis Turbin Angin

Apa pun yang bergerak memiliki energi kinetik, dan ilmuwan serta insinyur menggunakan energi kinetik angin untuk menghasilkan listrik. Energi angin, atau tenaga angin, dibuat menggunakan turbin angin, alat yang menyalurkan tenaga angin untuk menghasilkan listrik. Angin meniup bilah turbin, yang melekat pada rotor. Rotor kemudian memutar generator untuk menghasilkan listrik. Ada dua jenis turbin angin: *Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)* dan *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*. *HAWT* adalah jenis turbin angin yang paling umum. *HAWT* biasanya memiliki dua atau tiga bilah tipis panjang yang terlihat seperti baling-baling pesawat. Bilah diposisikan sehingga mereka menghadap langsung ke angin. *VAWT* memiliki bilah melengkung yang lebih pendek dan lebih lebar yang menyerupai pengocok yang digunakan dalam mixer listrik.

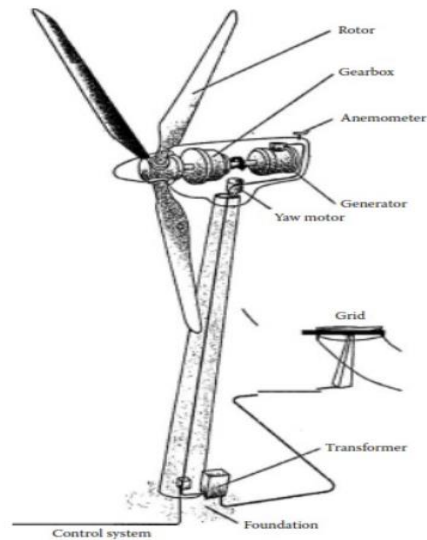


**Gambar 2.3** Diagram Koefisien daya  $C_p$  vs *Ratio blade tip speed* dengan kecepatan angin



**Gambar 2.4** Diagram Jenis *Type Wind Turbine*

### 2.3.3 Horizontal Axis Wind Turbine (HAWT)



**Gambar 2.5** *Horizontal Axis Wind Turbin*

Jika bilah rotor dihubungkan dengan poros *horizontal*, turbin itu adalah *HAWT*. Turbin *HAWT* paling banyak digunakan untuk aplikasi komersial. Turbin angin sumbu *horizontal* dapat didesain dengan *rotor-upwind* untuk menerima angin dari rotor atau desain *rotor-downwind* untuk menerima angin melewati arah belakang mengenai menara dan nacelle sebelum menyentuh rotor.

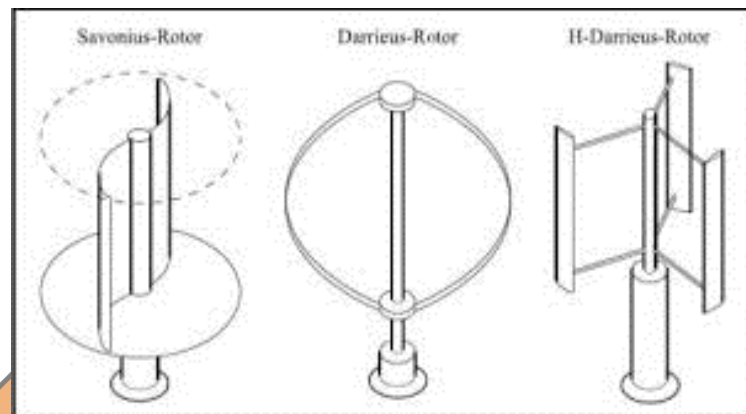
Kebanyakan turbin angin modern memiliki konfigurasi desain melawan angin dan jangkauan dari prototipe di dalam kelas MW ke kelas lebih kecil dengan nominal *output* dari 20 ke 150 kW. Parameter desain utama *HAWT* adalah diameter rotor, jumlah dan sudut puntir bilah rotor, ketinggian menara, daya listrik terukur, dan strategi pengendalian. Ketinggian menara *HAWT* sangat penting karena kecepatan angin meningkat seiring bertambahnya ketinggian. Diameter rotor ( $D$ ) sama pentingnya karena menentukan area ( $A$ ) yang dibutuhkan untuk memenuhi tingkat daya keluaran tertentu. Sistem *HAWT* paling cocok untuk pembangkit tenaga listrik dan turbin mikro yang terdiri dari dua hingga enam bilah rotor.

Performa output daya *HAWT* dapat dioptimalkan dengan menentukan rasio antara diameter rotor ( $D$ ) dan tinggi hub ( $H$ ) yang sangat mendekati kesatuan. Keluaran daya terukur dari turbin angin adalah daya maksimum yang diizinkan untuk pembangkit listrik terpasang. Sistem kontrol harus memastikan bahwa daya ini tidak terlampaui di lingkungan angin kencang untuk menghindari kerusakan struktural pada sistem. Sistem



*HAWT* biasanya menggunakan dua atau tiga bilah rotor. Turbin dengan dua bilah rotor lebih murah, tetapi berputar lebih cepat, tetapi efisiensi aerodinamis dari rotor dua bilah lebih rendah daripada rotor tiga bilah.

#### 2.3.4 *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*



**Gambar 2.6** *Vertical Axis Wind Turbine* Daniel Mclean

VAWT adalah salah satu jenis turbin angin yang rotornya memutar dipasang secara vertikal. Cara desain seperti ini memungkinkan sensitivitas yang lebih rendah terhadap arah angin, menjadikannya pilihan yang sempurna untuk tempat-tempat di mana arah angin sering berubah. Ke mana pun arah angin bertiup, baling-baling akan tetap bergerak dan memutar poros untuk menghasilkan tenaga. Generator turbin angin jenis ini terletak di dasar turbin. Konfigurasi ini membuat VAWT lebih mudah dibandingkan dengan *HAWT* yang semua komponennya dipasang pada ketinggian tertentu. Namun, VAWT memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada *HAWT* karena sejumlah besar hambatan udara pada rotor untuk beberapa desain, serta output daya yang lebih sedikit.

Desain dari turbin angin sangatlah erat kaitannya dengan fenomena aerodinamika, sedangkan interaksi aerodinamika yang kompleks seperti aliran putaran, stall, turbulensi, interaksi 3D, dan lain-lain menjadikannya sangat sulit untuk menghitung nilai dari torsi atau daya secara akurat. Metode yang paling umum digunakan untuk perhitungan secara detail ini adalah menggunakan *software Cradle CFD* dari *Hexagon*. Anda dapat memvariasikan sekompleks apapun model geometri turbin angin anda, dengan berbagai macam variasi kondisi operasional, seperti kecepatan angin, rpm, atau TSR. (Caesar Wiratama aeroengineering, 2021)



## 2.4 Komponen Turbin Angin

### 2.4.1 Blade/bilah

Blade atau bilah adalah komponen utama pada turbin angin sebagai penggerak yang menghasilkan energi kinetik untuk menggerakkan rotor yang terhubung langsung pada generator. Ada banyak jenis bilah yang ada pada turbin angin dengan dibagi menjadi dua jenis tipe turbin *HAWT* dan *VAWT* berikut adalah contoh dari jenis dan tipe masing-masing blade pada turbin angin yang ditunjukkan pada gambar:



**Gambar 2.7** Blade/bilah turbin angin *HAWT* dan *VAWT* Solichan Jaelani

### 2.4.2 Generator

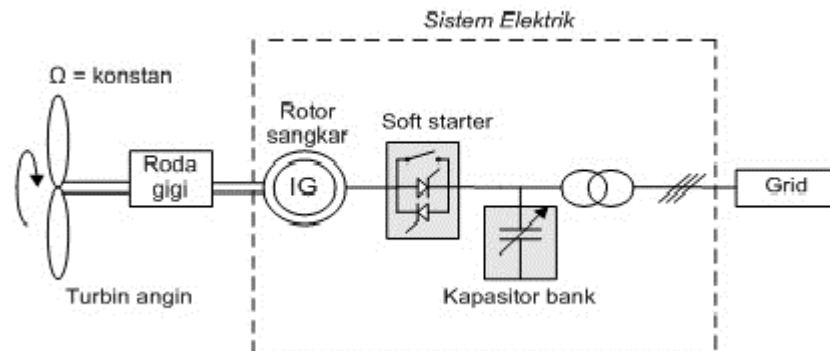
Generator berfungsi mengubah energi kinetik dari turbin menjadi energi listrik dengan cara memanfaatkan putaran turbin tersebut.



**Gambar 2.8** Generator DC

### 2.4.3 Sistem Konverter

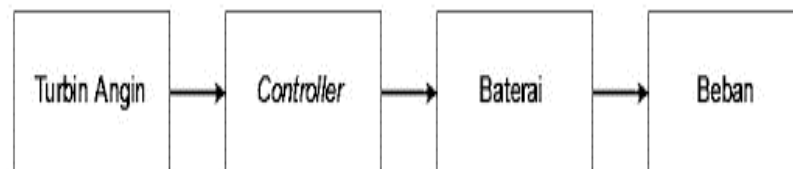
Sistem konverter atau sistem pengkondisian daya adalah sistem semi konduktor daya yang difungsikan untuk meratakan (rectifying), inverting, ataupun modulasi dari keluaran daya dari sebuah sumber energi AC atau DC ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 2.9** Sistem konverter Kadek Fendi Sutrisna

### 2.4.4 Sistem Management Energi Baterai

Baterai adalah komponen penyimpan muatan listrik yang mampu menyimpan muatan listrik sesuai kapasitasnya. Baterai dimodelkan dengan sebuah sumber tegangan terkontrol dan sebuah tahanan yang dihubungkan seri sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut:

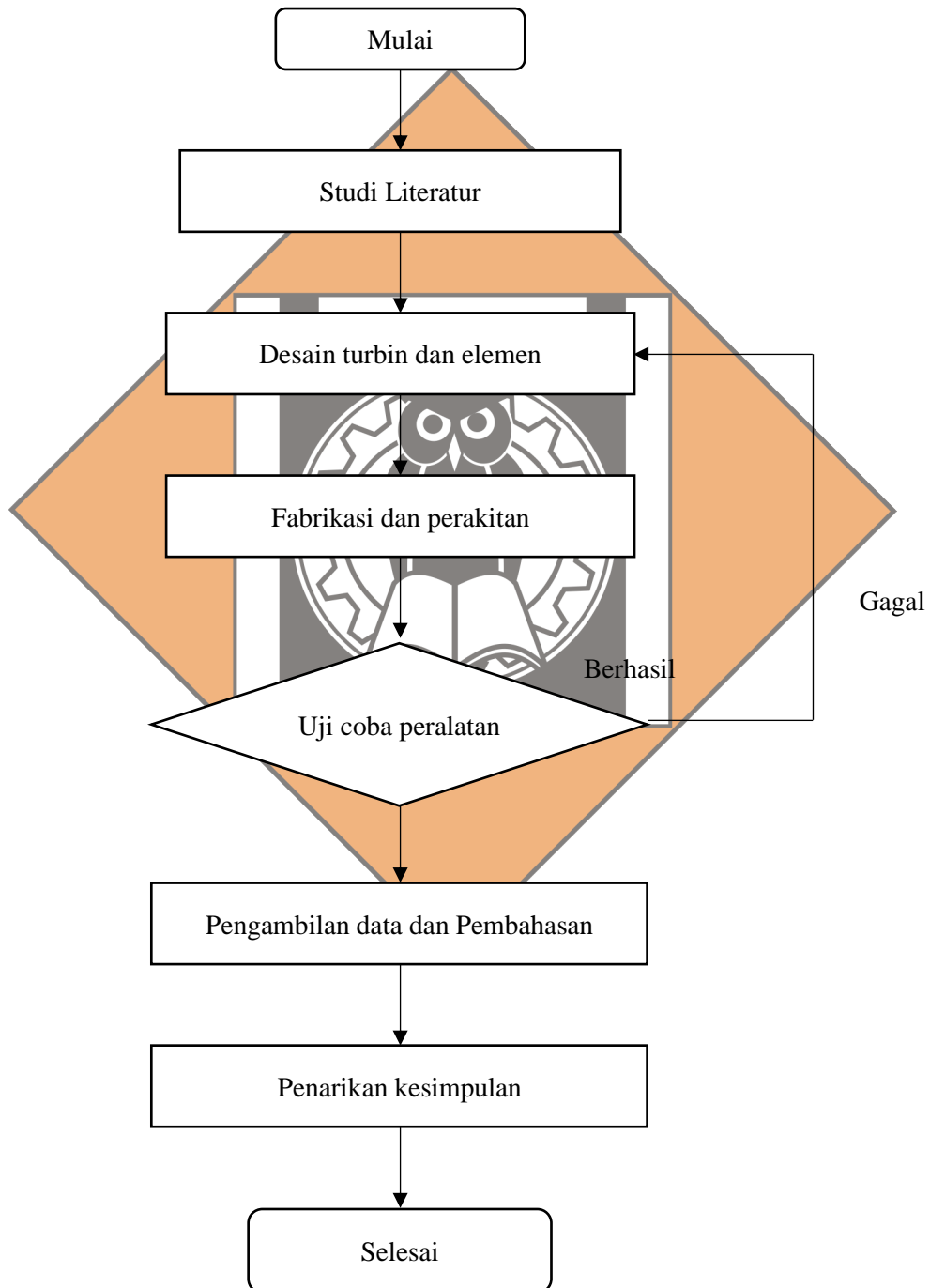


**Gambar 2.10** Sistem Management Energi Baterai Abdul Gofar Al Mubarak

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

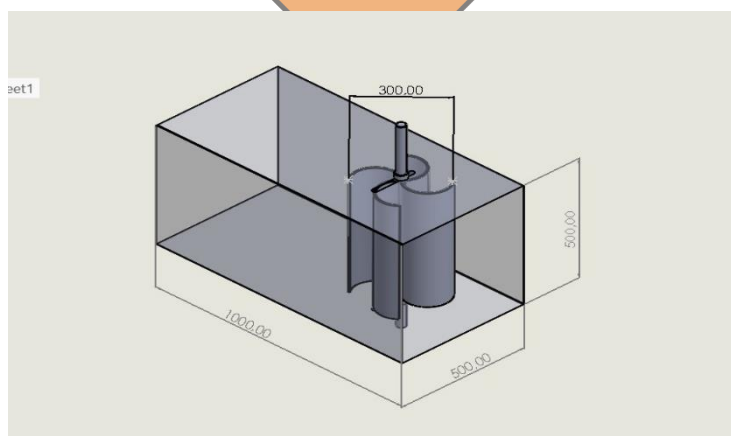
Pada Pelaksanaan tugas akhir/skripsi kali ini dengan judul rancang bangun micro wind turbin berbasis pemanfaatan aliran udara outdoor AC. Secara garis besar kegiatan penelitian kali ini di uraikan dalam bentuk diagram alir 3.1 dibawah ini.



Penjelasan diagram alir diatas dapat pada keterangan berikut ini:

1. Tahap pertama, pada tahap pertama studi literatur untuk mendukung perancangan wind turbine, dengan mencari sumber-sumber refrensi yang bisa digunakan untuk landasan dalam melakukan perancangan. Sumber-sumber tersebut bisa didapatkan dari jurnal ilmiah, *textbook* dan buku-buku.
2. Tahap kedua dalam perencanaan pada proposal tugas akhir ini yaitu pengumpulan data-data yang digunakan dalam proses perancangan struktur wind turbine dengan menggunakan *software* solidworks.
3. Tahap ketiga fabrikasi dengan tujuan merakit komponen yang sudah didesain dan dirancang pada masing-masing komponen menjadi satu struktur *wind turbine*.
4. Tahap keempat, pada tahap keempat melakukan pengujian *wind turbine* pada aliran udara *outdoor AC*. Dengan parameter turbin berputar menghasilkan torsi dari *exhaust fan outdoor AC*.
5. Tahap kelima melakukan pengambilan data saat uji coba dengan memberikan perbandingan tenaga aliran udara pada outdoor ac dari 1,5-2pk.
6. Tahap keenam memberikan kesimpulan yang meliputi uji coba *wind turbine* dan daya listrik yang dihasilkan.
7. Tahap ketujuh menyelesaikan pengujian.

Prototype design micro wind turbine dengan type Savonius:



**Gambar 3.1** *Prototype design micro wind Turbine*

### 3.2 Fabrikasi Dan Perakitan *Micro Wind Turbine*

Pada Fabrikasi kali ini dilakukan di Lab. Proses Produksi Institut Teknologi Indonesia sebagai penunjang atau tempat untuk fabrikasi dan perakitan *micro wind turbine* dengan menggunakan alat sebagai berikut:

Tabel 3. Alat yang digunakan pada waktu fabrikasi

No	Nama Alat	Jumlah Alat
1	Gerinda Potong	1
2	Amplas	1
3	Gergaji Potong	1
4	Pisau Cutter	1
5	Penggaris	1
6	Bor	1
7	Tools	1

### 3.3 Komponen Dan Bahan Yang Dibutuhkan Pada *Micro Wind Turbine*

*Micro wind turbin* memiliki beberapa komponen penting untuk menunjang kinerja turbin tersebut yang bertujuan menghasilkan torsi yang maksimal untuk memutar generator kemudian menghasilkan listrik. Berikut beberapa komponen yang dibutuhkan pada *micro wind turbine* pada rancang bangun kali ini:

Tabel 4. Komponen Pada *Micro wind Turbine*

No	Nama Bahan	Jumlah
1	Akrilik 50x60	6
2	Lem Akrilik	500ml
3	Besi Poros L70cm d1cm	1
4	Gear 3:1	1
5	Pipa 2,5"	1
6	konverter	1
7	Wire	3m
8	Generator DC	1
9	Kabel Ties	1pack
10	Baterai	1
11	Bearing	2



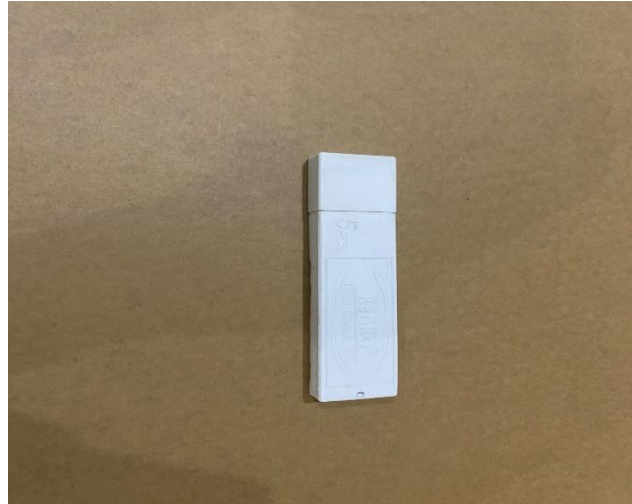
**Gambar 3.2** Akrilik 50x60



**Gambar 3.3** Lem akrilik



**Gambar 3.4** Anemometer

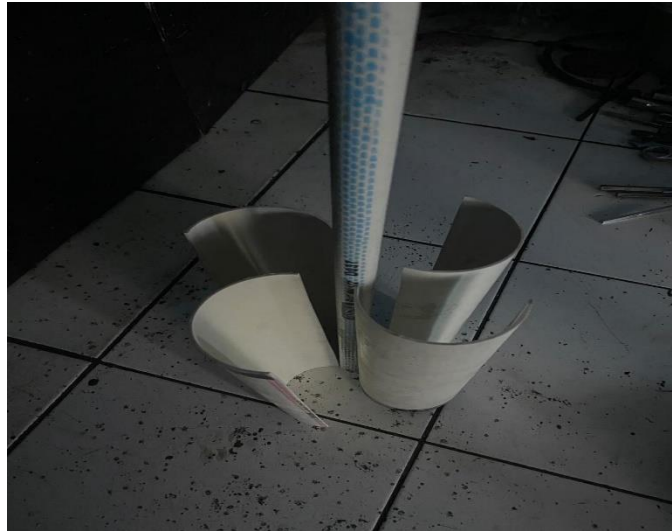


**Gambar 3.5 Pisau cutter**



**Gambar 3.6 Generator DC**





**Gambar 3.7** Pemotongan paralon 2,5" sebagai bilah



**Gambar 3.8** Pemotongan akrilik



**Gambar 3.9** Pemasangan bearing pada turbin angin tipe savonius





**Gambar 3.10** Pemasangan turbin pada base akrilik



**Gambar 3.11** Pemasangan generator pada poros turbin



**Gambar 3.12** Uji coba kecepatan aliran udara outdoor AC 0,5pk-2pk

### 3.4 Uji Coba *Micro Wind Turbine* Pada *Exhaust Fan Outdoor AC*

Pada uji coba *micro wind turbine* pada *outdoor AC* yang berada di Gedung D dengan melakukan beberapa uji coba terhadap tiga *variative* tenaga AC dari 0.5pk-2pk sebagai parameter awal keberhasilan *prototype micro wind turbine* yang menghasilkan putaran dan memanfaatkan aliran udara dari *outdoor AC* tersebut. Berikut beberapa Langkah uji coba kecepatan aliran udara yang dihasilkan pada *exhaust fan* pada *outdoor AC*:

Tabel 5. Uji coba kecepatan aliran udara pada titik A *exhaust fan outdoor AC*.

Pada Tenaga AC	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
0,5pk	2,1 m/s	2,5 m/s	2,8 m/s
1pk	2,2 m/s	2,5 m/s	3,1 m/s
2pk	2,9 m/s	3,1 m/s	3,3 m/s

Tabel 6. Uji coba kecepatan aliran udara pada titik B *exhaust fan outdoor AC*.

Pada Tenaga AC	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
0,5pk	1,9 m/s	1,5 m/s	1,4 m/s
1pk	2,0 m/s	2,1 m/s	2,6 m/s
2pk	2,2 m/s	2,6 m/s	2,5 m/s

Tabel 7. Uji coba kecepatan aliran udara pada titik C *exhaust fan outdoor AC*.

Pada Tenaga AC	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
0,5pk	2,8 m/s	3,2 m/s	3,2 m/s
1pk	3,0 m/s	3,5 m/s	3,6 m/s
2pk	3,1 m/s	3,3 m/s	3,6 m/s

## BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengambilan Data Daya Listrik Yang Dihasilkan *Micro Wind Turbine*

Langkah kedua pengambilan data mengacu pada daya yang dihasilkan dari tiga kali percobaan yang dilakukan setelah itu masing-masing tenaga AC memiliki daya listrik yang dihasilkan, nilainya berbeda-beda sesuai dengan besarnya kecepatan aliran yang dialirkan terhadap turbin sebagai tenaga kerja torsi pada generator. Data yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel dibawah:

Tabel 8. Data kecepatan angin sebagai torsi penggerak generator titik C.

Pada Tenaga AC	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
0,5pk	2,8 m/s	3,2 m/s	3,2 m/2
1pk	3,0 m/s	3,5 m/s	3,6 m/s
2pk	3,1 m/s	3,3 m/s	3,6 m/s

### 4.2 Pembahasan Kecepatan Angin Dan *Micro Wind Turbine* Dengan Memanfaatkan Aliran Udara Pada *Exhaust Fan Outdoor AC*.

1. Pembahasan Pertama mengacu kepada data kecepatan angin dari tenaga *outdoor AC* yang memiliki perbedaan aliran yang dihasilkan pada masing-masing *outdoor AC*, Data tersebut terdapat nilai rata-rata 3,25 m/s dilihat pada tabel 8 dengan nilai kecepatan aliran udara yang berbeda-beda.
2. Pembahasan kedua mengarah pada uji kerja turbin terhadap aliran udara *outdoor AC* dengan hasil yang belum maksimal dikarenakan rancangan turbin dan pemilihan material. Turbin tetap berputar konstan akan tetapi putarannya tidak begitu kencang.
3. Pembahasan Ketiga mengenai material yang digunakan pada turbin yaitu paralon yang dipakai memiliki ketebalan yang cukup berat sehingga bearing yang terhubung pada poros tersebut tidak dapat berputar dengan maksimal, sehingga turbin tersebut tidak dapat menghasilkan torsi yang bekerja pada generato dan menghasilkan listrik yang dibutuhkan.

### 4.3 Perhitungan Efisiensi *Micro Wind Turbine*.

Penelitian kali ini mengarah pada perhitungan rata-rata kecepatan angin dengan nilai 3,25m/s serta menghasilkan nilai efisiensi rancang bangun turbin angin skala mikro.

Daya masuk:

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

$$P = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 12,7 \times 34,3 = 226,8 \text{ j/ms}$$

Daya keluar:

$$\text{Kecepatan sudut} = \lambda = \frac{\text{Valiran}}{\text{Vsuarra}} = \frac{3,25 \text{ m/s}}{345 \text{ m/s}} = 0,009 \text{ m/s}$$

$$\text{Torsi} = \frac{v^2 \times r}{\lambda}$$

$$= \frac{3,25 \times 14,9}{0,009} = 17486,8 \text{ Nm}$$

$$\text{Daya keluar} = \text{Torsi} \times \text{kecepatan sudut}$$

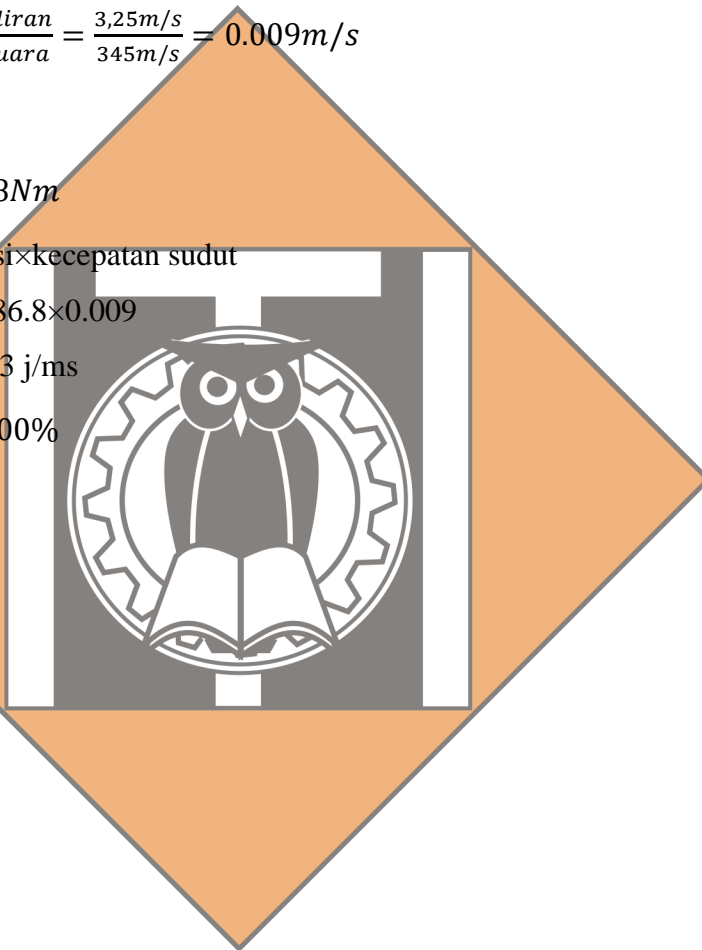
$$= 17486,8 \times 0,009$$

$$= 157,3 \text{ j/ms}$$

$$\eta_{\text{Turbin}} = \frac{\text{Daya keluar}}{\text{Daya masuk}} \times 100\%$$

$$= \frac{157,3}{226,8} \times 100\%$$

$$= 0,70\%$$

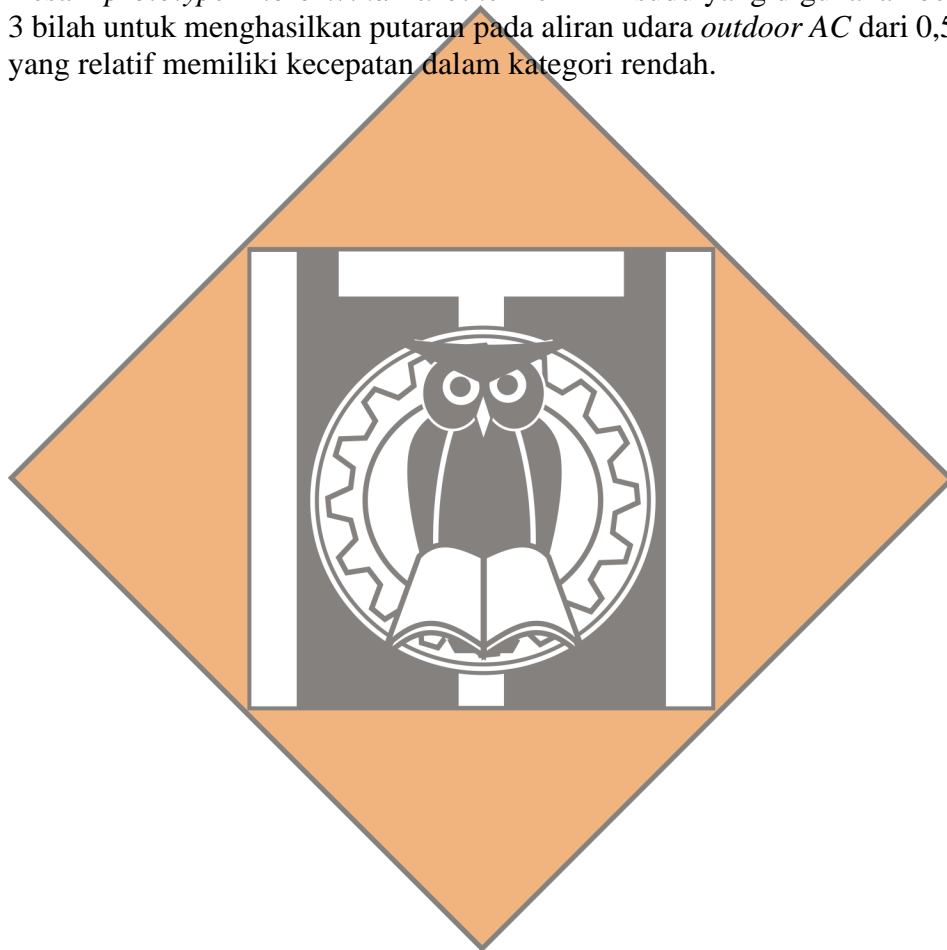


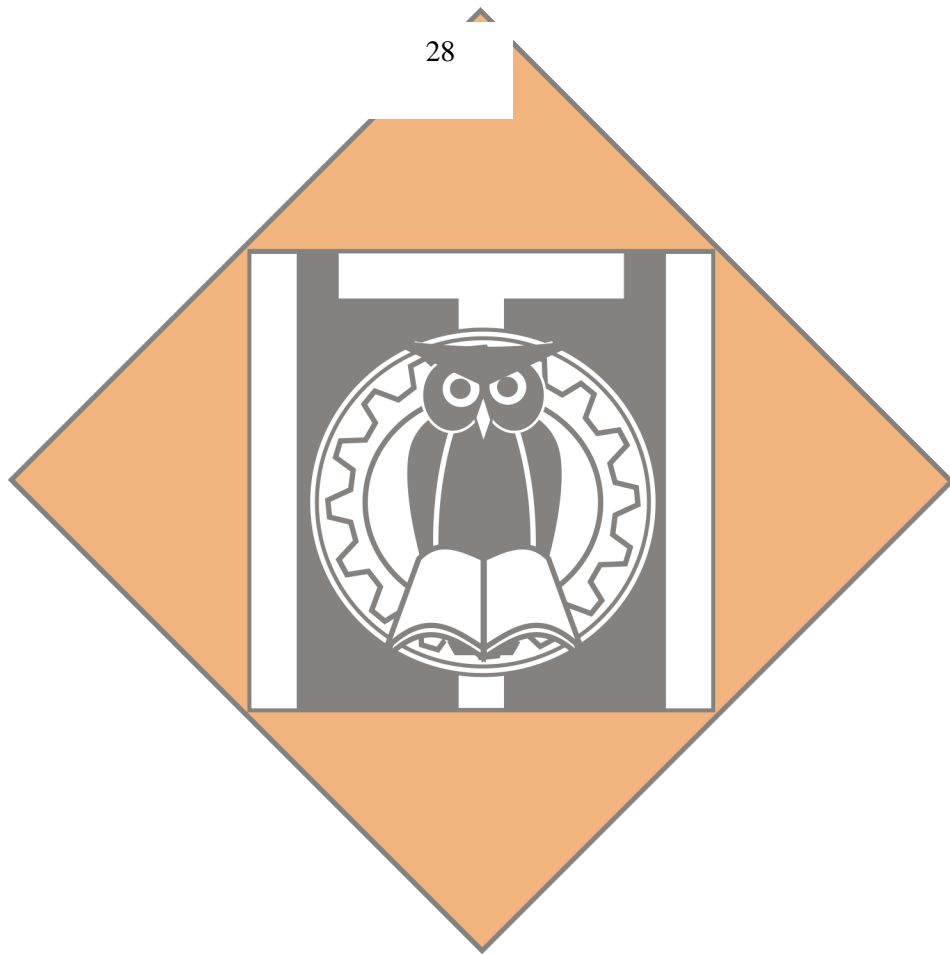
## BAB 5

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun dan penelitian kali ini terhadap *micro wind turbine* yang memanfaatkan aliran udara pada *outdoor AC*, yang telah dilakukan studi literatur, desain turbin, fabrikasi, uji coba dan pengambilan data. Maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Kecepatan aliran udara pada *outdoor AC* dengan kecepatan rata-rata 3,25m/s memiliki potensi untuk menghasilkan listrik dengan media *Micro Wind Turbine* tipe *Savonious* 3 sudu/bilah 2 berdiameter 25,4 cm serta memiliki efisiensi turbin 0,70%.
2. Desain *prototype Micro Wind Turbine* memiliki sudu yang digunakan berjumlah 3 bilah untuk menghasilkan putaran pada aliran udara *outdoor AC* dari 0,5pk-2pk yang relatif memiliki kecepatan dalam kategori rendah.





## DAFTAR PUSTAKA

- Lubis Sudirman, Lubis Faisal, Harahap Partanonan, (2019). "PLTB SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI BARU TERBARUKAN" (Medan; Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara).
- Ulinuha Agus, Adi Widodo Wahyu, (2018). "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Mikro Untuk Keperluan Penerangan Jalan" (Surakarta, Universitas Muhammadiyah Surakarta)
- Wr Febriyani Mawadah, Sukerayasa I Wayan, Partha Indra Gede Cokorde (2021). "RANCANG BANGUN SISTEM PEMANEN ENERGI ANGIN *EXHAUST FAN* DENGAN PENGARUH JARAK TURBIN ANGIN SUMBU HORIZONTAL BILAH *EXHAUST FAN*" (Bali, Universitas Udayana Jimbaran)
- Suprpto, Muhammad. (2016). "ANALISIS TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN 4, 6 DAN 8 SUDU". (Kalimantan Selatan, Universitas Islam Kalimantan, Banjarmasin)
- N. Chaudari Vimal, P. Shah Samip. (2023). "*Numerical Investigation On The Performance Of An Inovative Airfoil-Bladed Savonius Hydrokinetic Turbine (ABSHKT) With Deflector*" (Gujarat, Gujarat Technological Univeraity, India)

