

**KAJIAN EKSPERIMENTAL VARIASI BESAR OVERLAP SUDU  
TERHADAP UNJUK KERJA PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS  
TIPE U SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**MUHAMMAD HASBY  
09.813.0046**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**2014**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

# KAJIAN EKSPERIMENTAL VARIASI BESAR OVERLAP SUDU TERHADAP UNJUK KERJA PADA TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE U SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK ALTERNATIF

**SKRIPSI**

**OLEH:  
MUHAMMAD HASBY**

**09.813.0046**

**Disetujui**

**Pembimbing 1**



**(Dr. Ir. H. Suditama, MT)**

**Pembimbing 2**



**(Ir. Husin Ibrahim, MT)**

**Mengetahui**

**Dekan**



**(Ir. Hj. Haniza, MT)**

**Ka. Program Studi**



**(Dr. Ir. H. Suditama, MT)**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
Access From (repository.uma.ac.id)7/12/23

## ABSTRAK

Angin adalah merupakan sumber energi alternatif dan ramah lingkungan, salah satu pemanfaatannya mengkonversikan menjadi energi angin. Kincir angin dikenal dua kategori yaitu turbin angin aksis horisontal (HAWT) dan turbin angin aksis vertikal (VAWT). Pada jenis turbin angin sumbu horizontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepataannya, sedangkan pada turbin angin poros vertikal tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepataannya) seperti pada turbin angin poros horizontal. Pada penelitian ini, berfokus pada turbin angin dengan poros vertikal. Hal ini dikarenakan turbin angin jenis sumbu vertikal (tipe Savonius), mempunyai banyak keuntungan yaitu tidak mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepataannya, tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah, dan dalam pemanfaatannya menghasilkan tenaga torsi yang cukup tinggi.

Untuk memperoleh efisiensi konversi yang optimal, penelitian dilaksanakan dengan melakukan perubahan diameter sudu ( $D$ ) dan besar overlap ( $r$ ) antar sudu. Metode yang di pakai adalah penelitian eksperimen dalam windtunnel, yang mempunyai besar sudu tanpa overlap, overlap 2cm, overlap 4 cm, dan overlap 6 cm dengan kecepatan angin 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s. dan 6 m/s. Hasil Penelitian menunjukkan pada kecepatan angin yang semakin tinggi dan daya yang di hasilkan semakin tinggi pula yaitu pada besar sudu tanpa overlap memiliki 6,51% ( $D/L = 14/25$ ) merupakan daya yang optimal.

**Kata kunci :** *Overlap sudu, Daya, Turbin Savonius*

## ABSTRACT

Wind energy is an alternative energy sources and environmentally friendly , one converts into wind energy utilization . The windmills are two categories: horizontal axis wind turbines ( HAWT ) and vertical axis wind turbine ( VAWT ) . On the type of horizontal axis wind turbine utilization should be directed in accordance with the highest wind speed , while the vertical axis wind turbines do not require orientation mechanism in the direction of the wind ( no need to detect the wind direction most high speed ) as the horizontal axis wind turbine . In this study , focusing on wind turbine with a vertical axis . This is because the vertical wind turbine sumbu types (type Savonius ) , has many advantages such as not detecting the highest wind speed , does not have to be repositioned if the wind direction changes, and the power generating torque utilization is quite high .

To obtain optimal conversion efficiency, the research carried out by changing the impeller diameter (D) and the large overlap (r) between the blades. The method in use is experimental research in the windtunnel, which has a large blade without overlap, overlap 2 cm, 4 cm overlap, and overlap of 6 cm with wind speed of 3 m / s, 4 m / s, 5 m / s. and 6 m / s. Research results show that the higher the wind speed and power that produced the higher the larger is the overlap of the blade without having to 6.51% ( $D / L = 14/25$ ) is the optimal power.

Keywords : *Overlap blade , Power , Turbine Savonius*

## DAFTAR ISI

|  |          |
|--|----------|
| ABSTRAK.....                                 | iii      |
| ABSTRACT.....                                | iv       |
| RIWAYATHIDUP.....                            | v        |
| KATA PENGANTAR .....                         | vi       |
| DAFTAR TABEL .....                           | xi       |
| DAFTAR GAMBAR .....                          | xii      |
| DAFTAR NOTASI .....                          | xiii     |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                        | iv       |
| <b>BAB I. PENDAHULUAN .....</b>              | <b>1</b> |
| 1.1. Latar Belakang .....                    | 1        |
| 1.2. Perumusan Masalah .....                 | 2        |
| 1.3. Batasan Masalah .....                   | 2        |
| 1.4. Tujuan Penelitian .....                 | 3        |
| 1.5. Manfaat Penelitian .....                | 3        |
| 1.6. Sistematika Penyusunan .....            | 4        |
| <b>BAB II. TINJANAUAN PUSTAKA .....</b>      | <b>5</b> |
| 2.1. Energi Angin .....                      | 5        |
| 2.2. Turbin angin .....                      | 7        |
| 2.2.1 Jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal..... | 8        |
| 2.2.1.1 Quiet Revolution QR5 .....           | 9        |
| 2.2.1.2 Honeywell. ....                      | 10       |
| 2.2.1.3 WePower .....                        | 10       |
| 2.3. Turbin Angin Savonius.....              | 11       |

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

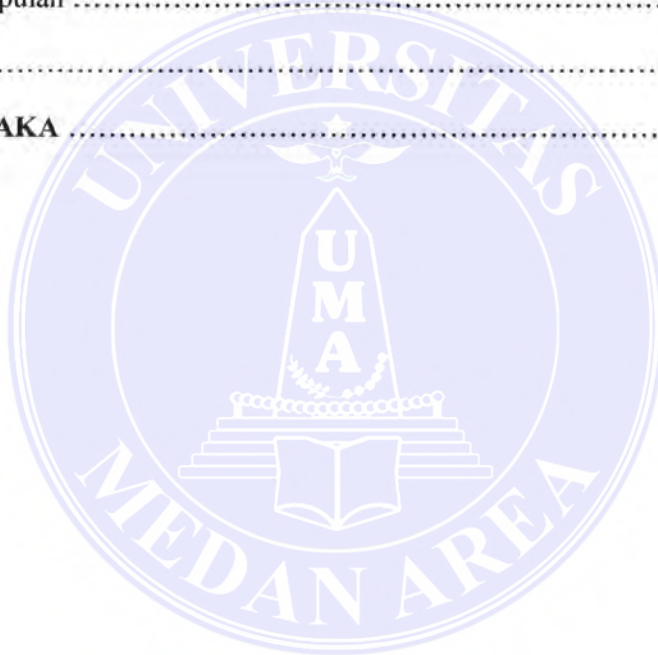
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id) 7/12/23

|   |           |
|---|-----------|
| 2.4 Tip Sped Ratio .....                            | 13        |
| 2.5. Toeri Betz .....                               | 14        |
| 2.6 Torsi .....                                     | 17        |
| 2.7 Efisiensi Mekanis .....                         | 18        |
| <b>BAB III. METODE PENELITIAN .....</b>             | <b>20</b> |
| 3.1. Tempat dan Waktu .....                         | 20        |
| 3.2. Desain Penelitian .....                        | 21        |
| 3.3. Variabel Penelitian.....                       | 21        |
| 3.4 Metode Pengambilan Data .....                   | 21        |
| 3.5. Alat dan Bahan .....                           | 22        |
| 3.5.1 Tachometer .....                              | 23        |
| 3.5.2 Anemometer .....                              | 24        |
| 3.5.3 Multimeter Digital .....                      | 25        |
| 3.5.4 Blade Turbin Savomius.....                    | 27        |
| 3.5.5 Wind Tunnel .....                             | 28        |
| 3.6. Diagram Penelitian .....                       | 31        |
| <b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b> | <b>32</b> |
| 4.1 Daya Listrik Yang Dihasilkan .....              | 32        |
| 4.1.1 Tanpa Overlap .....                           | 32        |
| 4.1.1.a Analisa Data .....                          | 32        |
| 4.1.2 Overlap 2 cm .....                            | 36        |
| 4.1.2.a analisa Data .....                          | 36        |
| 4.1.3 Overlap 4 cm .....                            | 39        |
| 4.1.3.a Analisa Data .....                          | 40        |
| 4.1.4 Overlap 6 cm .....                            | 43        |
| 4.1.3.a Analisa Data .....                          | 44        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2 Grafik Yang Dihasilkan .....        | 47        |
| 4.2.1 Hasil Grafik Daya Aktual .....    | 47        |
| 4.2.2 Hasil Grafik Daya Teoritis .....  | 48        |
| 4.2.3 hasil Grafik Torsi Aktual .....   | 49        |
| 4.2.4 Hasil Grafik Torsi Teoritis ..... | 50        |
| 4.2.5 Hasil Grafik Efisiensi Daya ..... | 51        |
| 4.3 Pembahasan .....                    | 52        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> | <b>54</b> |
| 5.2 Kesimpulan .....                    | 54        |
| 5.3 Saran .....                         | 55        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>             | <b>56</b> |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pengembangan energi alternatif baru dan terbarukan sedang di galakkan melalui kebijakan – kebijakan pemerintah untuk mendorong dan mensfasilitasi pemanfaatan sumber – sumber energi terbarukan seperti : hydro, matahari, panas bumi, bio massa, dan juga angin. Lainnya halnya energi air, pemanfaatan energi angin dapat di lakukan dimana- mana, baik di daerah rendah, maupun di dataran tinggi, bahkan dapat diterapkan di laut. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill. Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional. Energi angin jumlahnya tidak terbatas sehingga pemanfaatannya di harapkan dapat mengurangi ketergantungan sumber energi yang tidak terbaharui seperti batubara maupun minyak bumi.

Pada jenis turbin angin sumbu horizontal pemanfaatannya harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya, sedangkan pada turbin angin poros vertikal tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin poros horizontal. Pada penelitian ini, berfokus pada turbin angin dengan poros vertikal. Hal ini dikarenakan turbin angin jenis sumbu vertikal (tipe savonius), mempunyai banyak keuntungan yaitu tidak mendeteksi arah angin yang



paling tinggi kecepatannya, tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah, dan dalam pemanfaatannya menghasilkan tenaga torsi yang cukup tinggi.

Kondisi dan sifat angin sebagai sumber energi harus disesuaikan dalam pembuatan turbin angin ini. Karena sebelum kita merancang turbin angin, kita harus mengetahui rancangan dalam bentuk skala laboratorium. Hal ini dapat membantu dalam pembuatan turbin angin dalam skala yang sebenarnya. Sehingga kita dapat mengkaji terhadap alat yang kita buat, sampai berapa besar kemampuan alat dengan konstruksi dan posisi yang berbeda sehingga menghasilkan daya atau energi. Pada rancangan ini turbin digunakan tipe savonius dengan sudu berupa setengah lingkaran. Penelitian dilakukan untuk mengetahui variasi overlap dan diameter sudu terhadap torsi yang dihasilkan sebagai energi listrik.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang di angkat dalam penelitian ini adalah :

1. Desain blade turbin angin tipe savonius akan di uji dalam windtunnel
2. Bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap daya dan torsi akibat adanya variasi overlap sudu yang di hasilkan turbin savonius tipe U.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini penulis memfokuskan pada kajian dan analisa sebagai berikut:

1. Bentuk model skala laboratorium.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 7/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

2. Penulis tidak membahas dan memaparkan tentang perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada kerangka turbin.
3. Penulis tidak membahas tentang perhitungan sistem kelistrikan karena hanya digunakan untuk mengetahui daya keluaran yang diketahui oleh turbin.
4. Penulis tidak membahas tentang perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada sudu turbin.
5. Turbin angin yang digunakan adalah jenis turbin savonius tipe U.
6. Pengujian turbin angin dilakukan di laboratorium Universitas Medan Area.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian turbin angin savonius tipe U adalah :

1. Untuk mengetahui besar overlap yang di perlukan untuk menghasilkan efesiensi yang baik.
2. Untuk mengetahui daya yang dihasilkan dengan adanya variasi overlap sudu pada turbin angin savonius tipe U.

#### **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat di ambil dari penelitian turbin angin Savonius tipe U adalah :

1. Melalui penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan listrik alternatif dengan memanfaatkan energi angin, yang memberikan pengalaman kepada mahasiswa dalam membuat dan terlibat langsung dalam proyek ilmiah.
2. Melalui penelitian ini di harapkan dapat menambah pengetahuan dalam pengembangan Turbin angin ini.

3. Dengan membuat perangkat yang sederhana dalam penerapan turbin angin yang di gunakan untuk keperluan sehari-hari serta sebagai acuan untuk merancang turbin angin yang mempunyai daya yang lebih besar.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh gambaran tentang isi dari tugas akhir ini maka akan dikemukakan sistematika penulisan yaitu, pada BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang permasalahan, tugas akhir yang akan di lakukan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian tugas akhir, manfaat penelitian yang di peroleh, dan sistematika penulisan laporan. Pada BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang pendekatan teoritis baik yang bersumber dari acuan pustaka maupun analisis penulis sendiri, dan disertai pertimbangan pemilihan bahan. Pada BAB III METODELOGI PENELITIAN, pada bab ini akan di jelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan dalam penyelesaian tugas akhir, beserta metode – metode yang di gunakan untuk menghitung kecepatan dan daya akibat variasi perubahan overlap sudu terhadap unjuk kerja torsi pada turbin angin savonius tipe U. Pada BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN, pada bagian hasil dan pembahasan ini akan dilakukan analisa terhadap data angin untuk mendapatkan kecepatan dan daya angin yang akurat terhadap model savonius yang di buat secara windtunnel. Pada BAB V KESIMPULAN DAN SARAN, menjelaskan kesimpulan yang di peroleh dari hasil analisis yang telah di lakukan. Serta saran untuk penelitian yang akan datang, guna menyempurnakan desain turbin savonius. Dan DAFTAR PUSTAKA, berisi tentang sumber teori atau acuan yang di dapat baik dari buku atau internet.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Energi Angin

Energi angin adalah konversi tidak langsung energi matahari, sebab angin dipengaruhi oleh pemanasan yang tidak merata pada kerak bumi oleh matahari. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah dan pada dasarnya angin dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu angin planetary dan lokal. Angin planetary terjadi karena pemanasan yang lebih besar pada permukaan bumi dekat ekuator dari pada kutub Utara dan Selatan. Hal ini menyebabkan udara hangat didaerah tropis naik dan mengalir melalui atmosfer ke kutub dan udara dingin dari kutub mengalir kembali ke ekuator didekat permukaan bumi. Tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ketempat bertekanan rendah. Udara menyusut menjadi lebih berat turun ke tanah. Di atas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan Konveksi.

Energi angin merupakan sumber daya alam yang terbarukanyang memiliki jumlah tidak terbatas di sekitar permukaan bumi. Energi angin merupakan eneri yang terkandung pada massa energi yang bergerak yang berasal dari matahari. Pemanasan bumi oleh sinar matahari menyebabkan perbedaan massa jenis ( $\rho$ ) pada udara. Perbedaan massa jenis ini menyebabkan perbedaan tekanan pada udara sehingga akan terjadi aliran fluida dan menghasilkan angin. Kondisi aliran angin dipengaruhi oleh medan atau permukaan bumi yang di lalui oleh aliran angin dan perbedaan temperatur permukaan angin.

Energi yang dimiliki oleh angin dapat didapat dari persamaan :

Energi kinetic ( $E_k$ ):

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \text{ (Joule)} \dots\dots\dots 2.1$$

Laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) :

$$\dot{m} = A v \rho \text{ (kg/s)} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana :

$A$  = Luas penampang frontal dari rotor yang menerima terpaan angin( $m^2$ )

$v$  = kecepatan angin( $m/s$ )

$\rho$  = Massa jenis udara( $Kg/m^3$ )

Maka, daya teoritis aliran :

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \text{ (Watt)} \dots\dots\dots 2.3$$

Untuk keperluan praktis sering dipergunakan rumus pendekatan sederhana, yaitu hanya dengan memperhatikan besaran kecepatan angin dan luas penampang sudu. Persamaan di atas merupakan sebuah persamaan untuk kecepatan angin pada turbin yang ideal, dimana energi angin dapat diekstrak seluruhnya menjadi energi listrik. Tapi pada kenyataannya tidak seperti yang diharapkan, sehingga terdapat efisiensi turbin dan efisiensi generator sendiri. ‘Semakin tinggi kecepatan angin mengakibatkan peningkatan daya aktual kincir angin, dan semakin tinggi kecepatan angin efisiensi mekanis semakin berkurang (Daud Patabang,2010)’[1]. ‘Kecepatan perputaran rotor tergantung rasio luas dari masukan dan keluaran kotak pengarah Guid Box Tunnel (kunio)’[2]. Oleh karenanya persamaan disederhanakan menjadi:

$$P_{wt} = \frac{1}{2} \eta_{wt} \rho A v^3 \text{ (Watt)} \dots\dots\dots 2.4$$

Dimana :

$\eta_{wt}$  = Efisiensi kincir angin (%)

$P_{wt}$  = Energi turbin angin

## 2.2. Turbin Angin

Turbin angin adalah suatu alat yang di desain untuk menangkap energi kinetik angin. Angin adalah aliran fluida yang memiliki sifat-sifat aerodinamis antara lain : sifat kompresibel (mampat), viskositas (kekentalan), densitas (kerapatan), dan turbulensi (tolakan). Seiring dengan waktu, perkembangan turbin angin berdasarkan sumbu porosnya terdiri dua jenis yaitu :

- a. Turbin angin dengan poros horizontal yaitu turbin angin dengan Propeller seperti baling – baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.
- b. Turbin angin dengan poros vertical, yaitu seperti turbin angin Darrieus. Turbin angin ini pertama kali ditemukan oleh GJM Darrieus tahun 1920. Keunggulan dari turbin jenis Darrieus adalah tidak memerlukan mekanisme orientasi pada arah angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya) seperti pada turbin angin propeller. Pada awalnya pemanfaatan energy angin untuk menggantikan tenaga manusia saja, tetapi sekarang sudah digunakan untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik.



Gambar 2.1 Turbin angin Propeller dan Darrieus

‘Dengan kecepatan angin yang berubah – ubah, turbin angin dengan poros vertikal akan banyak mengalami pengaruh akibat perubahan kecepatan angin dan sensitif terhadap perubahan kecepatan angin ( Terrence )’[3]. Kecepatan angin diukur dengan alat yang disebut anemometer. Anemometer jenis mangkok adalah yang mempunyai sumbu vertikal dan tiga buah mangkok yang berfungsi menangkap angin. Jumlah putaran per menit dari poros anemometer dihitung secara elektronik. Biasanya, anemometer dilengkapi dengan sudut angin untuk mendeteksi arah angin. Jenis anemometer lain adalah anemometer ultrasonik atau jenis laser yang mendeteksi perbedaan fase dari suara atau cahaya koheren yang dipantulkan dari molekul – molekul udara.

### 2.2.1 Jenis Turbin Angin Sumbu Vertikal

Pemanfaatan sumber energi angin di Indonesia masih langka, hal tersebut di mungkinkan teknologi atau pengetahuan yang belum populer, karena arah

angin di Indonesia mudah berubah – ubah dan kecepatannya berfluktuasi. Namun walaupun seperti itu keadaannya, para peneliti berlomba – lomba dalam pemanfaatan turbin angin dengan memanfaatkan kondisi angin yang ada di Indonesia untuk jenis turbin angin Savonius sumbu vertikal ini. Selain jenis turbin angin Savonius ada beberapa Jenis turbin angin sumbu vertikal yang diterapkan di negara Eropa yaitu :

### 2.2.1.1 Quiet Revolution QR5

Kincir angin qr5 di desain untk di gunakan pada daerah perkotaan yang memiliki kecepatan angin rendah. Jika arah angin konvensional berputar mengikuti arah mata angin tidak demikian halnya dengan QR5, ia mampu menangkap angin diseluruh penjuru dan ini membuatnya hemat tempat.



**Gambar 2.2 Turbin angin Quiet Revolution QR5**



### 2.2.1.2 Honeywell

Honeywell adalah kincir angin diletakkan di atap rumah dan mapu bekerja pada kecepatan angin sebesar 2 mph. Tanpa gear seperti layaknya kincir angin konvensional, Honeywell bekerja dengan magnet pada sirip – siripnya.



**Gambar 2.3 Turbin Angin Honeywell**

### 2.2.1.3 WePower

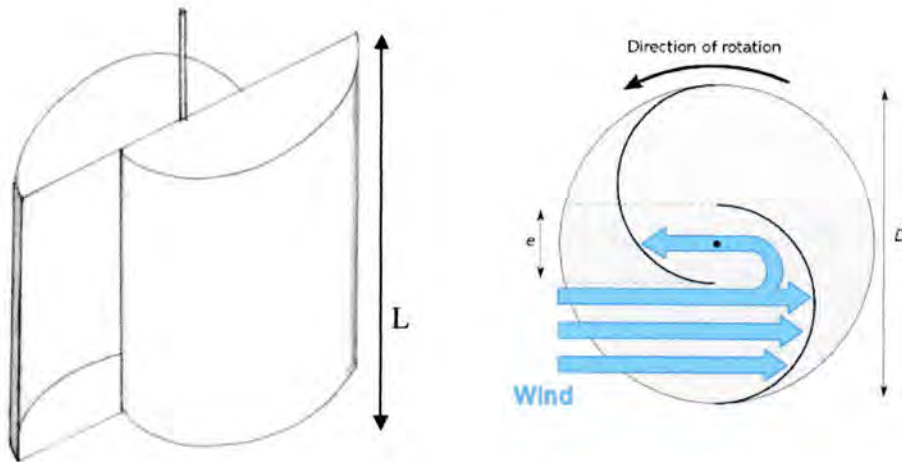
WePower adalah kincir angin vertikal yang mampu bekerja dengan baik pada kecepatan angin rendah. Pembuatnya mengklaim wePower akan sangat efektif bila di letakkan di lahan pertanian, perumahan, dan gedung – gedung.



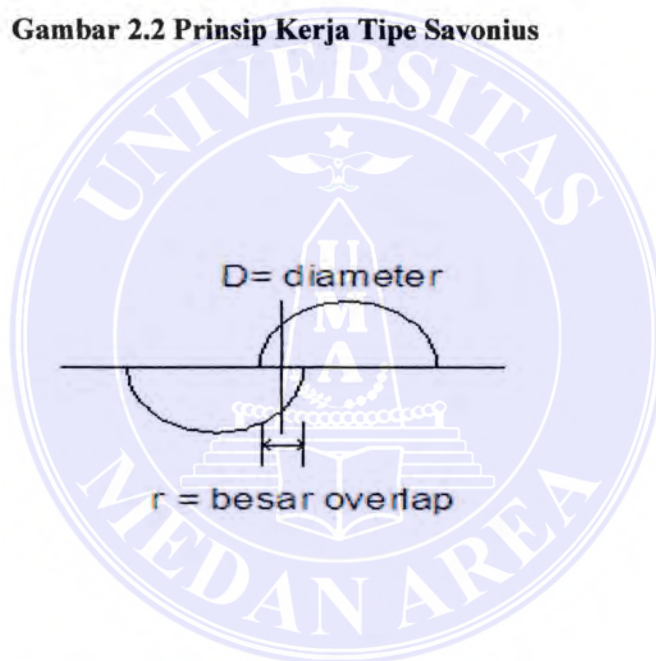
**Gambar 2.4 Turbin angin WePower**

### **2.3 Turbin Angin Savonius**

Turbin angin dengan konstruksi sederhana yang cocok untuk penggunaan dipedesaan adalah temuan sarjan Finlandia bernama S. Savonius (1924). Turbin ini termasuk jenis turbin angin dengan sumbu vertical, dengan rotor yang tersusun dari dua buah sudu-sudu setengah silinder (Gambar). Konsep turbin angin Savonius ini cukup sederhana dan praktis tidak terpengaruh oleh arah angin. Ditinjau dari prinsip kerjanya, Kincir Savonius dapat berputar karena adanya gaya dorong dari angin, sehingga putaran rotorpun tidak akan melebihi kecepatan angin. Meskipun daya koefisien untuk jenis turbin angin ini bervariasi antara 30% sampai 45%, menurut banyak peneliti untuk jenis savonius biasanya tidak lebih dari 25% (Wikipedia contributor. 2009a, 2009b. Savonius wind turbine. *Wikipedia, The Free Encyclopedia*). Jenis turbin ini cocok untuk aplikasi daya yang rendah dan biasanya di gunakan untuk kecepatan angin yang berbeda.



Gambar 2.2 Prinsip Kerja Tipe Savonius



Gambar 2.3 Elemen kincir angin Savonius

‘Untuk menghasilkan torsi yang tinggi pada turbin Savonius, besar overlap berkisar antara 70% sampai 76% dari besar diameter sudu, (Karnowo, 2008)’[4]. Keuntungan dari turbin savonius adalah tidak memerlukan orientasi pada arah mata angin (tidak perlu mendeteksi arah angin yang paling tinggi kecepatannya),otomatis menyala sendiri (self starting) dan menghasilkan tenaga

putaran yang relatif tinggi. Pada gambar 2.3 menunjukkan pengukuran tegangan pada multimeter.



**Gambar 2.4 Pengukuran tegangan**

‘Semakin tinggi kecepatan angin rancangan yang di pilih maka luas, diameter, dan tinggi rotor yang di perlukan menjadi lebih kecil dan kecepatan putar rotor rancangan semakin tinggi (S Atmadi, Ahmad J Fitroh, 2008)’[5].

## 2.4 Tip Speed Ratio

Saat mendesain sebuah kincir angin, ada beberapa factor yang harus diperhatikan, antara lain besar daya yang kita butuhkan, kecepatan angin dan jumlah blade yang akan digunakan, dan masih banyak hal teknis lainnya. Hal pertama yang diperhatikan dalam desain kincir angin yaitu TSR (Tip Speed Ratio) atau perbandingan kecepatan ujung blade turbin dengan kecepatan angin.. Besarnya Tip Speed Ratio ( $J$ ), dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$J = \frac{V_{tsr}}{V_{angin}}$$

$$J =$$

$$\frac{\pi D n}{60V} \dots\dots\dots 2.5$$

Dimana :

J = Tip Speed Ratio

n = Putaran turbin (rpm)

r = jari – jari turbin ( m )

V = Kecepatan angin, (m/s)

Semakin besar *Tip Speed Ratio* dari suatu tipe kincir angin maka semakin kecil torsi awal yang dapat dihasilkan. Hal ini tidak diharapkan pada kincir angin yang digunakan untuk pembangkit listrik. ‘Perhitungan koefisien daya dihitung menggunakan metode numerik menunjukkan bahwa akan selalu bertambah sesuai dengan penambahan tip speed ratio (Morshed)[6]’(page 82).

### 2.5 Teori Betz

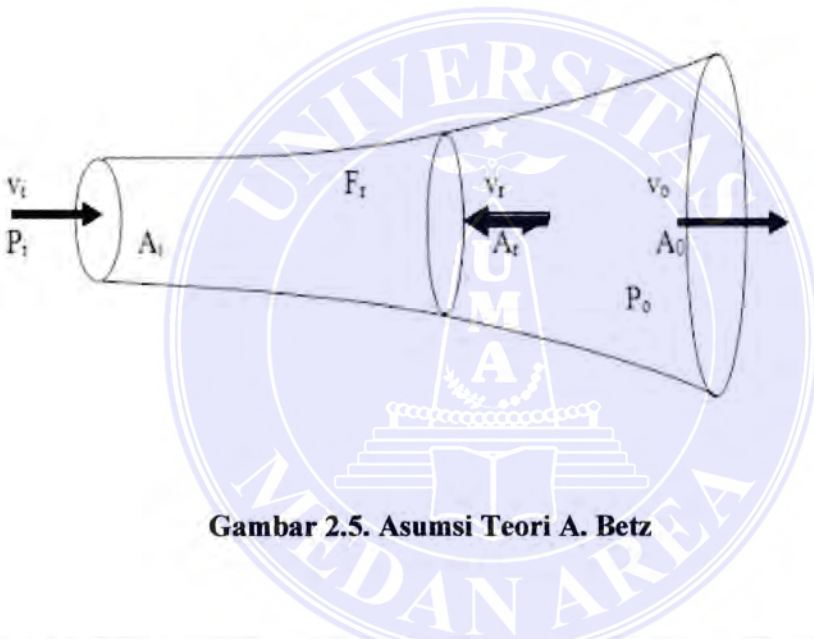
Menurut teori A. Betz (1927) (Manwel J.F) [7], sarjana pertama yang memperkenalkan teori tentang turbin angin, bahwa ia mengasumsikan suatu turbin ideal dan mempunyai sudu-sudu yang tak terhingga jumlahnya tanpa hambatan. Juga diasumsikan aliran udara di belakang dan di depan rotor mempunyai kecepatan yang seragam (aliran laminar). ‘Aliran udara akan sangat berpengaruh



pada bidang hantarnya, misalnya aliran tidak hanya tergantung pada sudut serang, tetapi bagaimana besar vektor di transfortasikan dan interaksi dengan terjangan udara (Carlos)'[8].

Jika  $v_i$  adalah kecepatan angin di depan rotor,  $v_o$  adalah kecepatan angin di belakang rotor dan  $v_r$  adalah kecepatan angin pada saat melalui rotor (Gambar 2.5), sehingga berdasarkan persamaan kontinuitas:

$$A_i v_i = A_r v_r = A_o v_o \dots \dots \dots 2.6$$



Gambar 2.5. Asumsi Teori A. Betz

Selanjutnya berdasarkan teorema Euler, gaya yang bekerja pada rotor sama dengan:

$$F = \rho A v_r (v_i - v_o) \dots \dots \dots 2.7$$

Oleh karena itu daya kinetik angin yang diperoleh rotor:

$$P = F v_r = \rho A v_r^2 (v_i - v_o) \dots \dots \dots 2.8$$

Melalui persamaan Bernouli, perbedaan energi kinetik di depan dan di belakang rotor diperoleh:

$$\Delta E_k = \frac{1}{2} \rho A v_r (v_i^2 - v_o^2) \dots\dots\dots 2.9$$

Dari persamaan (2.8) dan persamaan (2.9) diperoleh:

$$v_r = \frac{v_i + v_o}{2} \dots\dots\dots 2.10$$

Maka hasil  $v_r$  disubstitusikan ke persamaan (2.10) menghasilkan:

$$F = \frac{1}{2} \rho A (v_i^2 - v_o^2) \dots\dots\dots 2.11$$

Dan  $v_r$  disubstitusikan ke persamaan (2.11), maka diperoleh:

$$P = \frac{1}{4} \rho A (v_i^2 - v_o^2) (v_i + v_o) \dots\dots\dots 2.12$$

Jika kecepatan  $v_i$  tertentu maka diperoleh besar P sebagai fungsi dari  $v_o$  dengan menderivatif persamaan (2.12), yaitu:

$$dP/dv_o = d[\frac{1}{4} \rho A (v_i^3 + v_i^2 v_o - v_o^2 v_i - v_o^3)]$$

$$dP/dv_o = \frac{1}{4} \rho A (v_i^2 - 2v_i v_o - 3v_o^2)$$

Jika  $dP/dv_o = 0$  maka diperoleh besar akar persamaan:  $v_o = -v_i$ , ini berarti udara dalam keadaan stedi, dan untuk  $v_o = v_i/3$  menghasilkan daya maksimum:

$$P_{maks} = \frac{8}{27} \rho A v_i^3 \dots\dots\dots 2.13$$

Dimana :

P = Daya Teoritis (Watt)

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

A = Luas Penampang Frontal dari Rotor yang Menerima Terpaan Angin ( $m^2$ )

V = Kecepatan Angin (m/s)

Dari persamaan (2.13) menunjukkan bahwa daya maksimum berbanding lurus dengan massa jenis (perubahan tekanan dan temperatur) serta kecepatan angin. 'Pada jumlah sudu- sudu tertentu daya yang di hasilkan perlu di koreksi (Tedjo NR)'[9].

Untuk menghitung daya yang di hasilkan yaitu :

$$P = I \cdot V \dots\dots\dots 2.14$$

Dimana :

$P =$  Daya Aktual (watt )

$I =$  Arus (Ampere)

$V =$  Tegangan (Volt)

**2.6 Torsi**

Gaya tangensial pada sudu di timbulkan oleh adanya komponen daya angkat pada bidang putar. Gaya tangensial pada bidang rotor ini mempunyai jarak tertentu pada sumbu putar, dan hasil kali kedua besaran ini sering kali disebut dengan Torsi. Jika kemudian rotor ini berputar dengan kecepatan angin tertentu maka torsi yang dapat di hitung sebesar :

$$\tau = \frac{P}{\omega}$$

$$\tau = \frac{P}{2\pi n} \dots\dots\dots 2.15$$

Dimana :

$\tau =$  torsi ( Nm )

$P =$  daya (Watt )

$\omega =$  Kecepatan angular (rpm )

$n =$  putaran turbin (rpm)



Dan secara teoritis  $P = P_{maks}$  dari persamaan 2.13, maka torsi dapat di hitung sebesar :

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{P_{maks}}{\omega} \\ &= \frac{1}{2\pi n} \cdot \frac{8}{27} \rho A V^3 \\ &= \frac{1}{\pi n} \cdot \frac{4}{27} \rho \pi r^2 V^3 \\ &= \frac{1}{\pi n} \cdot \frac{4}{27} \rho \pi \frac{1}{4} D^2 V^3 \end{aligned}$$

$\tau =$

$$\frac{1}{27n} \cdot \rho D^2 V^3 \dots\dots\dots 2.16$$

Dimana :

$\tau$  = torsi (Nm)

$\rho$  = massa jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

$D$  = diameter turbin (m)

$V$  = kecepatan angin (m/s)

$n$  = putaran turbin ( rpm )

### 2.7 Efisiensi Mekanis

Efisiensi mekanis dari kincir angin di peroleh dari perbandingan antara daya actual dengan daya teoritis pada kondisi yang sama dan dapat di tulis dengan persamaan:

$$\eta_m = \frac{P_{out}}{P_{teori}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.17$$

Dimana :

$\eta_m$  = Efesinsi mekanis ( % )

$P_{out}$  = Daya aktual kincir angin, diperoleh dari pengukuran langsung saat kincir angin beroperasi

$P_{teori}$  = Daya teori yang diperoleh dari perhitungan dimana bergantung atas kecepatan angin dan perubahan diameter.



### BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal pengesahan usulan oleh pengelola program studi sampai dinyatakan selesai yang direncanakan berlangsung selama sekitar 7 minggu. Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Laboratorium teknik mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area. Penentuan waktu penelitian seperti pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1 Jadwal pelaksanaan penelitian**

| No | Kegiatan   | Waktu (Minggu) |    |     |    |   |    |     |
|----|--|----------------|----|-----|----|---|----|-----|
|    |  | I              | II | III | IV | V | VI | VII |
| 1  | Penelusuran literature, pemeriksaan kesedian alat, bahan, dan penulisan proposal | ■              |    |     |    |   |    |     |
| 2  | Pengajuan proposal   |                | ■  |     |    |   |    |     |
| 3  | Revisi proposal  |                | ■  |     |    |   |    |     |
| 4  | Persiapan dan pemasangan alat  |                |    | ■   |    |   |    |     |
| 5  | Uji alat dan pengukuran  |                |    |     | ■  |   |    |     |
| 6  | Pengolahan dan analisis data   |                |    |     |    | ■ |    |     |
| 7  | Kesimpulan dan penyusunan Laporan  |                |    |     |    | ■ |    |     |
| 8  | Sidang sarjana   |                |    |     |    |   | ■  |     |

### 3.2 Desain Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen yaitu metode dalam membuat penelitian secara sistematis dan akurat tentang fakta yang diambil melalui penelitian. Hasil pengujian ini berupa data pengukuran akibat perubahan diameter sudu dan overlap sebagai parameter untuk menghitung torsi yang dihasilkan oleh turbin savonius.

### 3.3 Variabel Penelitian

Dalam perancangan turbin angin ini ditetapkan suatu variabel penelitian, karena merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil penelitian yang akan dicapai. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif eksperimen yaitu metode dalam membuat penelitian secara sistematis dan akurat tentang fakta yang diambil melalui penelitian. Variabel yang terkait disini adalah torsi yang dihasilkan turbin savonius. Variabel bebas disini adalah diameter sudu, overlap sudu, dan kecepatan angin.

### 3.4 Metode pengambilan data

Dalam pengujian ini tinggi blade turbin 25 cm, berdiameter 14 cm, dengan perlakuan overlap sudu yaitu : tanpa overlap, overlap sudu 2 cm, overlap sudu 4 cm, dan overlap sudu 6 cm dengan kecepatan angin 3, 4, 5 dan 6 m/s, maka dapat dilihat seperti contoh tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Teknik Pengambilan Data**

| Besar Overlap | $V_a$ (m/s) | n(rpm) | V(Volt) | I(A) | P(W) | T( $^{\circ}$ C) |
|---------------|-------------|--------|---------|------|------|------------------|
|               | 3           |        |         |      |      |                  |
| Tanpa Overlap | 4           |        |         |      |      |                  |
|               | 5           |        |         |      |      |                  |
|               | 6           |        |         |      |      |                  |

**Keterangan**

$V_a$  = kecepatan angin (m/s)

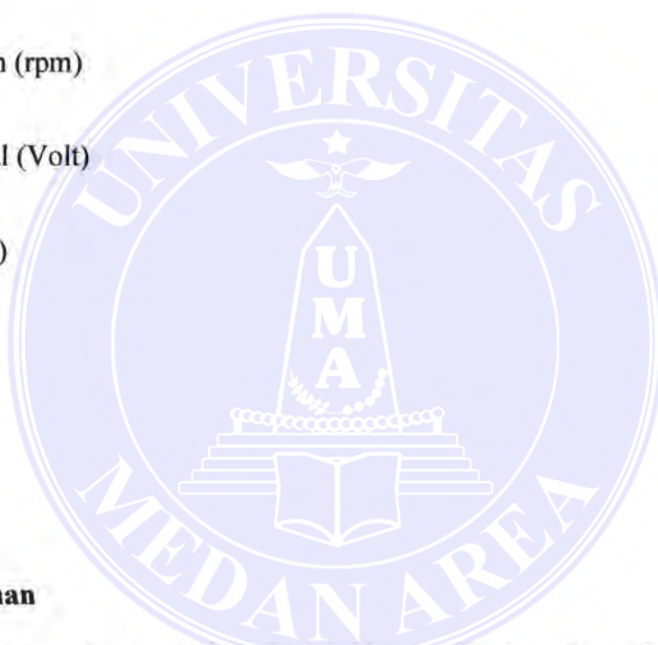
n = putaran turbin (rpm)

V = beda potensial (Volt)

I = Arus (Ampere)

P = daya (Watt)

T = suhu ( $^{\circ}$ C)



**3.5 Alat dan Bahan**

Dalam pembuatan rancang bangun turbin angin Savonius tipe U dan pengujiannya yang digunakan dalam penunjang kegiatan penelitian menggunakan alat dan bahan sebagai berikut:

### 3.5.1 Tachometer

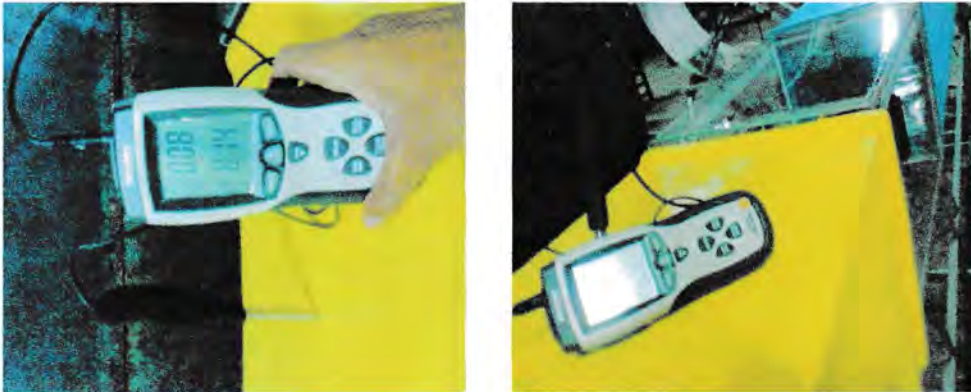


**Gambar 3.1 Tachometer**

Tachometer adalah alat pengujian yang di rancang untuk kecepatan rotasi dsri sebuah objek, seperti alat pengukur dalam sebuah mobil yang mengukur putaran permenit (Rpm) dari poros engkol mesin. Kata “tachometer” berasal dari kata yunani, tachos yang berarti “kecepatan” dan metron yang berarti “alat pengukur”.

Perangkat ini pada masa sebelumnya dibuat dengan menggunakan dial, jarum yang menunjukkan pembaca saat ini dan tanda-tanda yang menunjukkan tingkat yang aman dan berbahaya. Pada masa kini telah di produksi tachometer digital yang memberikan bacaan numeric tepat dan akurat di bandingkan menggunakan dial dan jarum.

### 3.5.2 Anemometer



**Gambar 3.2 Anemometer**

Anemometer adalah alat pengukur kecepatan angin yang banyak dipakai dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin. Perancang pertama dari alat ini adalah *Leon Battista Alberti* pada tahun 1450. Dalam penelitian ini, pengukuran kecepatan angin dengan menggunakan hot wire anemometer yang bekerja berdasarkan panas yang diterima probe yang dipengaruhi oleh kecepatan angin. Selain mengukur kecepatan angin, alat ini juga dapat mengukur besarnya tekanan angin itu.

### 3.5.3 Multimeter Digital



**Gambar 3.3 Multimeter Digital**

Dalam uji eksperimen turbin angin Savonius tpu U ini pengukuran daya (P) menggunakan multimeter digital. Multimeter Digital yaitu multimeter yang pembacaan hasil ukurnya berupa digit angka.

Dalam pembuatan rancang bangun turbin savonius tipe U dan pengujiannya ini, alat penunjang lainnya tampak pada table 3.3.



**Tabel 3.3 Alat dan bahan**

| <b>Alat dan Bahan</b> | <b>Satuan</b> |
|-----------------------|---------------|
| Tacho Meter           | 1 Unit        |
| Anemo Meter           | 1 Unit        |
| PC (laptop)           | 1 Unit        |
| Alat Tulis            | 1 Buah        |
| Mistar                | 1 Buah        |
| Wind Tunnel           | 1 Buah        |
| Tang                  | 1 Buah        |
| Kunci Pas/ Ring       | 1 Buah        |
| Obeng                 | 1 Buah        |
| Blade Savonius        | 6 Buah        |
| Bearing               | 4 Buah        |
| Poros                 | 1 Buah        |
| Rangka Turbin         | 1 Buah        |
| Baut                  | 20 pcs        |

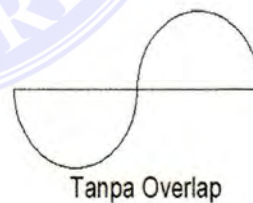
Gambar di bawah ini adalah bagian alat ukur dan bahan rancangan yang di gunakan dalam penelitian yaitu:



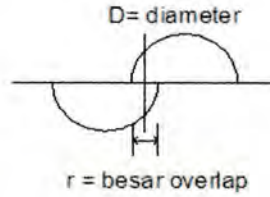
**Gambar 3.4 Alat ukur dan bahan rancangan**

### 3.5.4 Blade Turbin Savonius

Blade yang digunakan untuk turbin angin Savonius yaitu berbahan seng dengan dua buah blade berbentuk setengah lingkaran. memiliki lebar 14 cm, dan tinggi 25 cm.



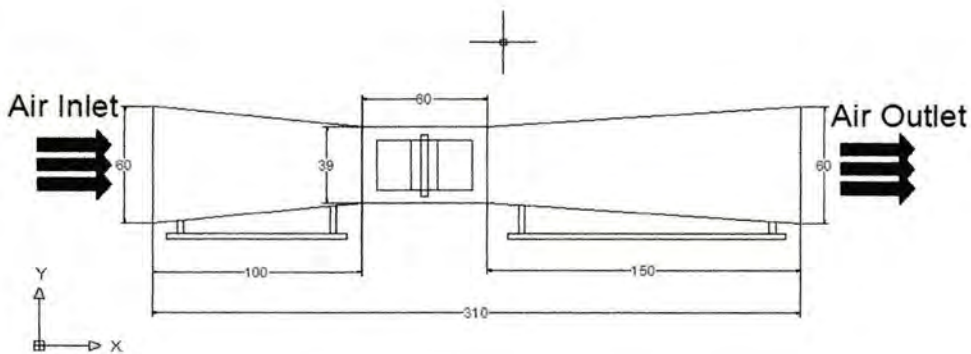
**Gambar 3.5 Blade turbin tanpa overlap**



**Gambar 3.6 Blade turbin dengan overlap**

### 3.5.5 Wind Tunnel

Problematika aerodinamika tidak dapat diselesaikan secara teori sistematis, tetapi juga dilakukan eksperimen untuk menunjang teori yang telah ada. Eksperimen ini dapat dilakukan dengan berbagai macam cara seperti light test, drop test, water tunnel test, windtunnel test, road test dan sebagainya. Dari berbagai cara di atas, masing-masing memiliki fungsi dan karakter yang berbeda sehingga pemakaiannya bisa disesuaikan dengan kebutuhan, tujuan serta kondisi. Dalam penelitian ini, turbin angin tipe savonius di uji dengan wind tunnel test yang terlihat seperti gambar di bawah ini.



**Gambar 3.7 Skema rancangan wind tunnel**



**Gambar 3.8 Wind tunnel**

Wind tunnel atau terowongan angin adalah salah satu perkembangan ilmu dan teknologi yang merupakan sebuah alat riset yang dikembangkan untuk membantu dalam menganalisa efek angin yang bergerak di sekitar objek padat. Pada umumnya, perancangan terowongan angin dilakukan berdasarkan dari data-data hasil eksperimen.

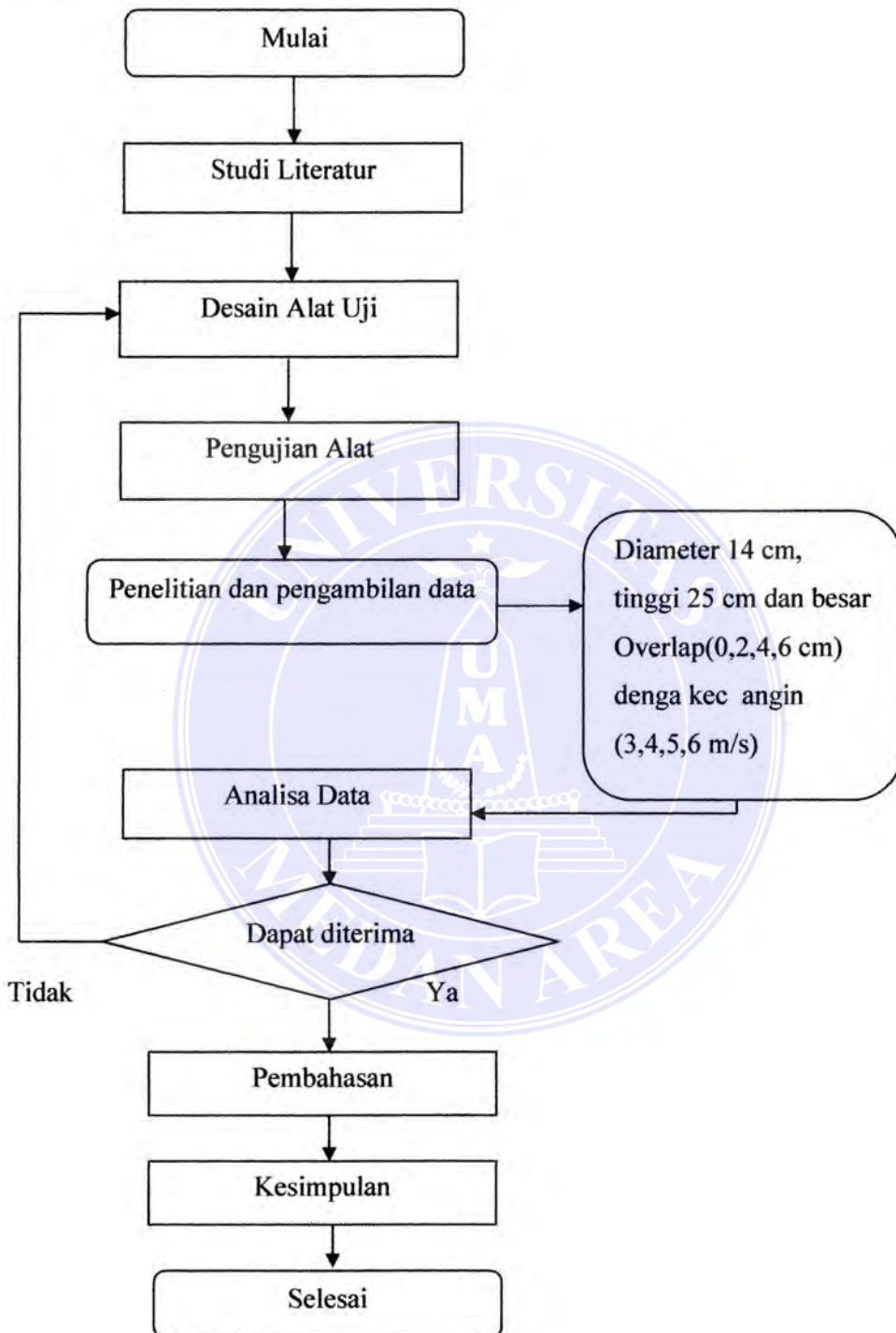
Eksperimen ini menggunakan motor listrik dengan 10 blade memiliki daya 2,2 kilowatt dan putaran 2000 rpm untuk menghasilkan isapan angin di dalam terowongan angin. Dengan eksperimen yang dilakukan dapat dihasilkan kontribusi tekanan di setiap bagian-bagian terowongan angin tersebut dengan konstruksi terowongan angin yang telah dirancang.

Wind tunnel test merupakan cara yang banyak di pakai di bidang aerodinamika yang memberikan hasil cukup akurat dan cepat karena dengan wind tunnel test dapat dilakukan dengan menggunakan model yang berskala dan aspek-aspek lain yang mempermudah pelaksanaan eksperimen.



**Gambar 3.9 Motor listrik dengan 10 blade**

### 3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.0 Diagram alir penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.2 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka hasil penelitian tentang “kajian eksperimental variasi besar overlap sudu terhadap unjuk kerja pada turbin angin Savonius tipe U sebagai pembangkit listrik alternatif” ini dapat disimpulkan yaitu “pada besar sudu tanpa overlap 6,51% pada kecepatan angin 6 m/s yang menghasilkan efisiensi daya yang tinggi pada  $D/L = 14/25$ , karena blade tanpa overlap mempunyai luas permukaan bidang frontal yang lebar dibandingkan dengan overlap yang lainnya. Kelemahannya pada posisi tanpa overlap vibrasi yang ditimbulkan cukup besar karena terlalu sedikit blade yang terikat dan sejajar dengan poros. Pada overlap 2 cm dengan efisiensi 6,38% pada kecepatan angin 6 m/s menghasilkan efisiensi daya yang tinggi kedua pada  $D/L = 12/25$ . Posisi blade yang terikat mempunyai ruang yaitu 2 cm yang ditengahnya terletak poros. Dan pada posisi blade seperti ini vibrasi yang ditimbulkan relative kecil. Efisiensi yang dihasilkan cukup baik dan selisihnya dengan variasi tanpa overlap tidak terlalu jauh, dan penerapannya yang lebih baik yaitu overlap 2 cm karena vibrasi yang ditimbulkan relatif kecil. Dan dari persamaan kontinuitas  $D_1/T_1 = D_2/T_2$  dapat menentukan aplikasi untuk penerapan turbin angin selanjutnya.

### 5.3 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka peneliti memberi beberapa saran sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya tentang variasi overlap sudu turbin angin Savonius tipe U diharapkan dapat dilakukan dengan dua objek penelitian dengan diameter yang berbeda dan memiliki tinggi yang sama.
2. Pada penelitian selanjutnya tentang turbin angin Savonius tipe U diharapkan dalam pemilihan bahan untuk blade harus lebih di perhatikan untuk mengurangi adanya vibrasi dari segi bahan dan dari bahan yang di pilih dapat menghasilkan efisiensi yang baik.
3. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan pemanfaatan turbin angin poros vertikal yang lain.
4. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat memakai alat ukur torsi yaitu dinamometer.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Patabang D, Rancang bangun kincir angin Savonius untuk Membangkitkan Turbin Angin Skala Kecil, Jurnal Mekanikal Vol. 1 No. 1 Januari 2010 : 1-6
- [2] Kunio I , Jitendro Roy Nat, Characteristics of Wind Power On Savonius Rotor Using a Guide-box Tunnel, ScienceDirect, ELSEVIER, 2007
- [3] Terrence S, Murat Tiryakioglu, Design and Power Characterization of a Novel Vertical Axis Wind Energy Conversion System (VAWECS), Robert Morris University, 6001 University Boulevard Moon Township, PA 15108, USA
- [4] Karnowo, Pengaruh Perubahan Overlap Sudu Terhadap Torsi Yang Dihasilkan Turbin Savonius Tipe U, Majalah Ilmiah STTR Cepu, No. 8 tahun 2008
- [5] Atmadi S, J.F Ahmad, Pengembangan Metode Parameter Awal Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius, Jurnal Teknologi Dirgantara Vol 6 No.1 Juni 2008:41- 50
- [6] Manwell J.F, Wind Energy Explained, Second edition 2009.
- [7] Niaz M. K, Experimental and Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of Savonius Wind Turbine With Various Overlap Ratios, Bangladesh University of Engeneering and Techonology, Bangladesh, 2005.
- [8] Carlos S. F, Gerard van Bussel, Fulvio Scarano, Gijs van Kuik, 2D PIV Visualization of Dynamic Stall on a Vertical Axis Wind Turbine, Delf University of Technology, Delft, 2629 HS, The Netherlands.
- [9] Tedjo NR, Vertical Axis Differential Drag WindMill, <http://puslit.petra.ac.id/journal/mechanical/>.  
Wikipedia contributor. 2009a, 2009b. Savonius wind turbine. Wikipedia, The Free Encyclopedia [http://en.wikipedia.org/wiki/Darrieus\\_wind\\_turbine;](http://en.wikipedia.org/wiki/Darrieus_wind_turbine;)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Savonius> <http://macam-macam-kincir-angin-modernblogspot.com/2012/3>