



**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN  
TIPE DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP  
VARIASI PARAMETER BILAH**

**Nilla Perdana Agustina  
NRP. 1051 150000044**

**Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.  
NPP. 1983201711054**

**DEPARTEMEN D-III TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

**2018**



**TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN  
TIPE DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP  
VARIASI PARAMETER BILAH**

**Nilla Perdana Agustina  
NRP. 1051 150000044**

**Dosen Pembimbing  
Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.  
NPP. 1983201711054**

**DEPARTEMEN D-III TEKNOLOGI INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



***FINAL PROJECT***

***DESIGN OF PERFORMANCE VERTICAL AXIS WIND  
TURBINE TYPE DARRIEUS TO PARAMETERS  
VARIATION BLADE***

Nilla Perdana Agustina  
NRP. 1051 1500000044

Supervisor  
Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001  
Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.  
NPP. 1983201711054

DEPARTMENT OF D-III INSTRUMENT ENGINEERING  
Faculty of Vocation  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya  
2018

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN TIPE  
DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP VARIASI  
PARAMETER BILAH

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nilla Perdana Agustina  
NRP. 1051150000044

Surabaya, 2 Agustus 2018  
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
NIP. 19620822 198803 1 001

Dosen Pembimbing II



Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.  
NPP. 1983201711054



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN TIPE  
DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP VARIASI  
PARAMETER BILAH**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Ahli Madya

Pada

Program Studi D3 Teknik Instrumentasi

Departemen Teknik Instrumentasi

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**Nilla Perdana Agustina**

NRP. 10511500000044

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc.  (Pembimbing I)

Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.  (Pembimbing II)

Herry Sufyan Hadi, ST., MT.  (Penguji)

**SURABAYA  
2 Agustus 2018**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN TIPE DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP VARIASI PARAMETER BILAH**

**Nama Mahasiswa** : Nilla Perdana Agustina  
**NRP** : 105115 00000 044  
**Program Studi** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Departemen** : Teknik Instrumentasi  
**Dosen Pembimbing I** : Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
**Dosen Pembimbing II** : Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.

## **Abstrak**

Sumber daya alam terbarukan yang ada di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal antara lain energi angin, energi air, energi surya dan lainnya. Indonesia memiliki kapasitas angin yang cukup, karena kecepatan angin di Indonesia rata-rata berkisar antara 3 – 6 m/s. Dalam tugas akhir ini dilakukan studi eksperimen untuk mengetahui performa turbin angin tipe *darrieus* sumbu vertikal terhadap variasi parameter bilah. Eksperimen dilakukan pada ruang tertutup dengan sumber angin blower. Kecepatan angin yang digunakan konstan sebesar 6 m/s, variasi parameter bilah yang digunakan adalah airfoil NACA 0021 dan NACA 6412 dengan merubah diameter turbin 0.6 m, 0.8 m dan 1m dan sudut serang  $0^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ,  $75^{\circ}$  dan  $90^{\circ}$ . Selain diameter dan sudut serang variasi bilah juga membandingkan dua jenis material bilah yaitu, material kayu dan material fiber. Dari hasil eksperimen yang dilakukan didapatkan nilai putaran turbin paling maksimal pada NACA 6412 yaitu 32 rpm untuk material kayu dan 35.38 rpm untuk material fiber. Daya yang dihasilkan 27.42 watt untuk material kayu dan 27.44 watt untuk material fiber.

**Kata Kunci** : Turbin Angin *Darrieus*, NACA 0021, NACA 6412, RPM, daya turbin.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DESIGN OF PERFORMANCE VERTICAL AXIS WIND TURBINE TYPE DARRIEUS TO PARAMETERS VARIATION BLADE

**Name** : Nilla Perdana Agustina  
**NRP** : 105115 00000 044  
**Study of Program** : D3 Teknik Instrumentasi  
**Departement** : Teknik Instrumentasi  
**Supervisor I** : Dr.Ir.Purwadi Agus Darwito, M.Sc  
**Supervisor II** : Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T.

## ***Abstract***

*Natural resources renewable in indonesia yet to be optimally among others energy the wind , energy water , solar energy and other .Indonesia has capacity the wind enough , because wind speed in indonesia the average ranged from 3-6 m / s. n this final project conducted experimental study to determine the performance of wind turbine type darrieus vertical axis to the variation of the parameters of the blade. The course of this experimnet be paid out starting on an enclosed space to the source of the wind blower . Wind speeds are used constant of 6 m / s, The variations of the parameter of the blade of that is used is identification of an airfoil NACA 0021 and NACA 6412 with a matter of tuning up the diameter of a turbine 0.6 m , 0.8 m and 1m and angle of attack  $0^{\circ}$  ,  $15^{\circ}$  ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$  ,  $60^{\circ}$  ,  $75^{\circ}$  and  $90^{\circ}$  . In addition to the diameter and angle of attack the variation of the blades also compares the two types of blade material ie, wood materials and fiber materials. From the experimental results, the maximum value of turbine rotation in NACA 6412 is 32 rpm for wood material and 35.38 rpm for fiber material. Power generated 27.42 watts for wood material and 27.44 watts for fiber material.*

***Key Words: Darrieus Wind Turbine, NACA0021, NACA 6412, RPM, turbine power.***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Rancang Bangun Performa Turbin Angin Tipe Darrieus Sumbu Vertikal Terhadap Variasi Parameter Bilah”**. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir.Purwadi Agus D, M.Sc selaku Ketua Departemen D3 Teknik Instrumentasi sekaligus dosen pembimbing pertama, dan Bapak Ir. Matradji, selaku dosen wali penulis yang telah sabar memberikan dukungan, bimbingan, serta ilmu yang sangat bermanfaat.
2. Bapak Dwi Oktavianto W.N, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak dan Ibu dosen departemen teknik instrumentasi yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
4. Seluruh Staf Departemen Teknik Instrumentasi yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
5. Ibu tercinta Suprapti, Bapak Maji, Nadia Sari Dwi Rahmadani, Bapak Andika Rudiyanto, Fortina Rudiyanti, Brenda Melinda Putri, Eryska Syeuna dan seluruh keluarga besar tercinta senantiasa memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada penulis.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# DAFTAR ISI

<b>COVER</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xiii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xvii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xviii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan.....	2
1.4    Lingkup Kajian.....	3
1.5    Manfaat.....	3
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	5
2.1    Bilah .....	5
2.1.1    Definisi Bilah .....	5
2.1.2    Jenis Bilah .....	6
2.2    Perancangan Bilah.....	7
2.2.1    Geometri Bilah .....	7
2.2.2    Pemilihan Airfoil.....	10
2.2.3    Daya dan Kecepatan.....	12
2.3    NACA 0021 dan NACA 6412.....	13

<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>15</b>
3.1    Blok Diagram Perancangan Alat .....	15
3.2    Alat dan Bahan .....	16
3.3    Langkah Perancangan dan Pembuatan Bilah .....	17
3.3.1    Menentukan Parameter Bilah .....	17
3.3.2    Simulasi Aliran Airfoil .....	22
3.3.3    Pembuatan Bilah.....	23
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>27</b>
4.1    ANALISA DATA .....	27
4.1.1    Hasil Rancang Bangun .....	27
4.1.2    Pengujian Alat .....	28
4.2    Pembahasan .....	34
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>35</b>
5.1    Kesimpulan.....	35
5.2    Saran.....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian –Bagian Bilah.....	5
Gambar 2. 2 Jenis Bilah pada Turbin Angin [4]. .....	6
Gambar 2. 3 Jenis-Jenis Airfoil [4]. .....	10
Gambar 2. 4 Bagian-Bagian Airfoil .....	11
Gambar 2. 5 NACA 0021 dan NACA 6412.....	13
Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir Tugas Akhir.....	16
Gambar 3. 2 Airfoil NACA 0021 .....	20
Gambar 3. 3 Airfoil NACA 6412.....	21
Gambar 3. 4 Gambar 3D Bilah dengan NACA 6412.....	21
Gambar 3. 5 Aliran fluida pada NACA 0021.....	22
Gambar 3. 6 Aliran fluida pada NACA 6412.....	22
Gambar 3. 7 Hasil Pembuatan Bilah Material Kayu .....	24
Gambar 3. 8 Hasil Pembuatan Bilah Material Fiber .....	24
Gambar 4. 1 Turbin Angin Skala Kecil.....	27
Gambar 4. 2 Tempat Turbin Kecil .....	27
Gambar 4. 3 Wind Tunnel.....	28
Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Kecepatan Putar Terhadap Kecepatan Angin NACA 0021.....	29
Gambar 4. 5 Proses Pengambilan Data Turbin Besar .....	29
Gambar 4. 6 Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 0021Material Kayu.....	30
Gambar 4. 7 Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Fiber.....	30
Gambar 4. 8 Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Kayu.....	31
Gambar 4. 9 Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Fiber.....	31
Gambar 4. 10 Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Kayu.....	32

Gambar 4. 11 Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Fiber .....	32
Gambar 4. 12 Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Kayu .....	33
Gambar 4. 13 Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Fiber.....	33

## **DAFTAR TABEL**

Table 3. 1	Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 1m....	17
Table 3. 2	Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 0.8m..	18
Table 3. 3	Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 0.8 m.	18
Table 3. 4	Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 1m.....	19
Table 3. 5	Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 0.8m.....	19
Table 3. 6	Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 0.6m.....	19
Table 3. 7	Hasil Cp pada NACA 6412 Diameter 1 m.....	19
Table 3. 8	Hasil Cp pada NACA 6412 Diameter 0.8m.....	20
Table 3. 9	Hasil Cp pada NACA 6412 Diameter 0.6 m.....	20
Table 3. 10	Nilai Coefisien Lift dan Coefisien Drag 0021.....	23
Table 3. 11	Nilai Coefisien Lift dan Coefisien Drag 6412.....	23

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sumber daya alam terbarukan yang ada di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara optimal antara lain energi angin, energi air, energi surya dan lainnya. Indonesia memiliki kapasitas angin yang cukup, karena kecepatan angin di Indonesia rata-rata berkisar antara 3 – 6 m/s. Pada beberapa pulau di Indonesia seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua hanya memiliki kecepatan angin sekitar 2,7 – 4,5 m/s. Dari kondisi kecepatan angin tersebut bahwa antara kondisi kecepatan angin ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi angin sangat mungkin untuk dikembangkan, seperti pembangkit listrik tenaga angin[1].

Proses konversi angin menjadi listrik dapat dilakukan dengan menggunakan system pengkonversi energi angin menjadi listrik dengan komponen utama meliputi turbin angin, generator dan system penyimpan. Komponen yang paling penting dalam proses konversi angin menjadi listrik adalah turbin. Menurut arah sumbu rotasinya turbin angin dapat dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu turbin sumbu vertical dan sumbu horizontal. Dilihat dari konstruksinya turbin angin sumbu vertical memiliki kelebihan bila dipasang pada daerah dataran rendah seperti Surabaya. Hal tersebut dikarenakan turbin angin sumbu vertical dapat dibuat dengan konstruksi yang lebih rendah dibanding sumbu horizontal. Salah satu jenis turbin angin sumbu vertical tersebut adalah tipe Darrieus[2].

Untuk mendapatkan kinerja yang optimum, beberapa peneliti telah melakukan penelitian turbin Darrius, seperti melakukan pengujian jumlah bilah yang sesuai untuk turbin Darrius dengan

menguji performa turbin dengan jumlah sudu 1, 2 dan 3[3]. Untuk mendapatkan kinerja turbin angin yang optimal peneliti melakukan pengujian dengan membuat turbin angin yang dapat berputar di daerah Surabaya lebih tepatnya di Departemen Teknik Instrumentasi. Dengan melakukan beberapa variasi bilah yaitu membandingkan menggunakan material kayu dan fiber. Selain membandingkan dengan material, peneliti membuat variasi diameter turbin dengan spesifikasi diameter 1m, 0.8 m dan 0.6 m.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana rancangan tipe bilah yang sesuai dengan kondisi angin di Surabaya lebih tepatnya sekitar Departemen Teknik Instrumentasi ?
2. Berapa nilai maksimal RPM yang dihasilkan dengan membandingkan variasi diameter dan material pada bilah?
3. Berapa nilai maksimal daya turbin yang dihasilkan dengan membandingkan variasi diameter dan material pada bilah?

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Merancang tipe bilah yang sesuai dengan kondisi angin di Surabaya lebih tepatnya sekitar Departemen Teknik Instrumentasi.
2. Memperoleh nilai maksimum RPM yang dihasilkan dengan membandingkan variasi diameter dan material pada bilah .
3. Memperoleh nilai maksimum daya turbin yang dihasilkan dengan membandingkan variasi diameter dan material pada bilah.

## **1.4 Lingkup Kajian**

Adapun lingkup kajian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan bilah dengan membandingkan 2 tipe airfoil yaitu NACA 0021 dan NACA 6412, sehingga diperoleh putaran bilah yang optimal.
2. Pembuatan bilah dengan material kayu balsa dan fiberglass.
3. Perancangan bilah dibuat untuk kecepatan angin 2.7 m/s hingga maksimal 10 m/s.
4. Untuk pengambilan data digunakan kecepatan angin konstan antara 2.7 m/s hingga 10 m/s dengan menggunakan blower.

## **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah merancang dan membuat bilah pada turbin angin dengan variasi beberapa material dan variasi panjang diameter sehingga dapat dihasilkan putaran yang maksimal.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

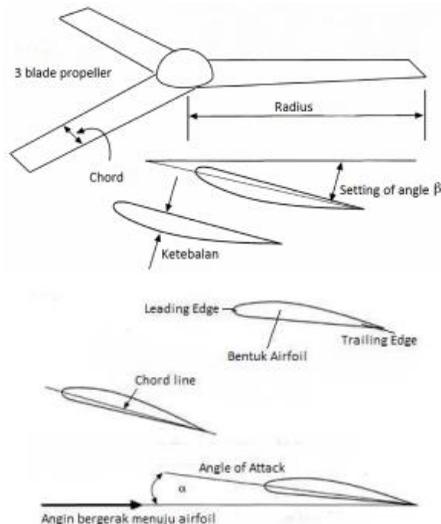
## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Bilah

##### 2.1.1 Definisi Bilah

Bilah merupakan bagian penting dalam suatu turbin angin sebagai komponen yang berinteraksi langsung dengan angin. Secara umum terdiri dari 2 tipe yaitu *horizontal axis wind turbine* (HAWT) dan *vertical axis wind turbine* (VAWT). Kedua tipe ini dapat disesuaikan dengan pengimplementasiannya dan kemampuan dalam mewujudkan. Untuk tipe vertikal pembuatannya jauh lebih sulit dibandingkan horizontal sehingga tergantung pada keterampilan pembuatnya. Berikut merupakan bagian bilah :

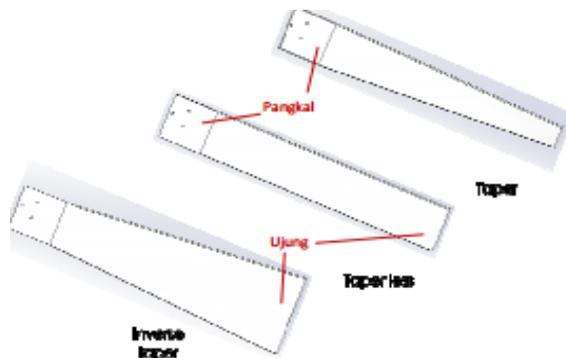


Gambar 2. 1 Bagian –Bagian Bilah

Gambar diatas merupakan bagian-bagian bilah seperti *radius* (jari-jari bilah), *chord* (lebar bilah), *leading edge*, *trailing edge*, *chord line*, *setting of angle* dan *angle of attack*.

### 2.1.2 Jenis Bilah

Dalam pemilihan tipe bilah yang perlu diperhatikan adalah  $C_p$  dan *Tip Speed Ratio* (TSR).  $C_p$  adalah tingkat efisiensi dari bilah, semakin besar efisiensinya maka semakin besar juga kemampuan suatu turbin untuk mengambil energi yang didapatkannya (konversi energi). TSR merupakan perbandingan kecepatan ujung bilah terhadap angin, maka semakin besar putarannya. Bilah memiliki 3 jenis berdasarkan desainnya, yaitu taper (mengecil ke ujungnya), taperless (pangkal dan ujungnya memiliki lebar yang sama), dan inverse-taper (membesar ke ujungnya). Pada tugas akhir ini dikarenakan menggunakan turbin angin VAWT maka digunakan jenis bilah taperless. Hal tersebut dikarenakan, ukuran lebar bilah VAWT dari pangkal hingga ujung sama panjang.



Gambar 2. 2 Jenis Bilah pada Turbin Angin [4].

## 2.2 Perancangan Bilah

Proses perancangan bilah terdiri atas 4 proses, yaitu penentuan geometri bilah, simulasi bilah menggunakan software Q-blade, perancangan bilah menggunakan Software CAD dan simulasi aliran fluida menggunakan software Ansys.

### 2.2.1 Geometri Bilah

Pemilihan geometri pada bilah sangat berpengaruh pada hasil daya yang diperoleh. Sehingga diperlukan geometri utama yang diperlukan, yaitu sebagai berikut.

1. Menentukan diameter bilah (D)
2. Menentukan tinggi bilah (H)
3. Menentukan airfoil
4. Menentukan lebar Chord
5. Menentukan ketebalan bilah
6. Menentukan kec angin maksimum

Berikut beberapa rumus yang digunakan untuk menentukan geometri bilah.

1. Nilai efisiensi sistem ( $K$ )

$$K = \eta_{bilah} \times \eta_{transmisi} \times \eta_{generator} \times \eta_{controller} \quad (1)$$

2. Nilai daya angin ( $P_w$ ) =  $\frac{1}{2} \times \rho \times A \times v^3$  .....(2)

Ket :  $\rho$  = massa jenis angin

$A$  = luas penampang ( $\pi r^2$ )

$v^3$  = kec. Maksimal

3. *Tip Speed Ratio* (TSR) TSR merupakan perbandingan antara kecepatan linear ujung bilah terhadap kecepatan angin.

TSR akan diestimasi pada tahap ini. Namun pada akhir simulasi nanti TSR dapat berubah.

$$\lambda \text{ (TSR)} = \frac{v_{tip}}{v_{wind}} = \frac{\omega R}{v_{wind}} \dots\dots\dots(3)$$

#### 4. Pilih jenis *airfoil*.

Gaya dari fluida (dalam hal ini angin) akan diubah oleh airfoil menjadi gaya lift (gaya angkat) dan gaya drag (gaya dorong). Setiap airfoil memiliki data berupa grafik antara lain grafik CL/CD vs  $\alpha$ . Cari airfoil yang memiliki nilai puncak CL/CD tertinggi, yang artinya pengaruh gaya angkat lebih besar dari gaya dorong sehingga bilah dapat berputar.

CL : koefisien gaya angkat (lift)

CD : koefisien gaya dorong (drag)

$\alpha$  : sudut serang fluida (angin) terhadap airfoil, setiap  $\alpha$  yang berbeda akan menghasilkan CL dan CD yang berbeda.

#### 5. Menentukan tipe aliran

Bilangan Reynolds merupakan bilangan yang tak berdimensi yang dapat membedakan suatu aliran dinamakan laminar, transisi dan turbulen.

$$Re = \frac{\rho V x}{\mu} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

Re= bilangan Reynolds (m/s)     $\rho$  = massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>)

X = panjang chord    (m)     $\mu$  = viskositas (kg/ms) atau (Ns/m<sup>2</sup>)

V= kec. relatif

$$V_{relatif} = \sqrt{V_{bilah}^2 + V_{angin}^2} \dots\dots\dots(5)$$

1. Aliran laminar

Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara lancar. Aliran laminar ini mempunyai nilai bilangan Reynoldnya kurang dari 2300 ( $Re < 2300$ ).

2. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Keadaan peralihan ini tergantung pada viskositas fluida, kecepatan dan lain-lain yang menyangkut geometri aliran dimana nilai bilangan Reynoldnya antara 2300 sampai dengan 4000 ( $2300 < Re < 4000$ ).

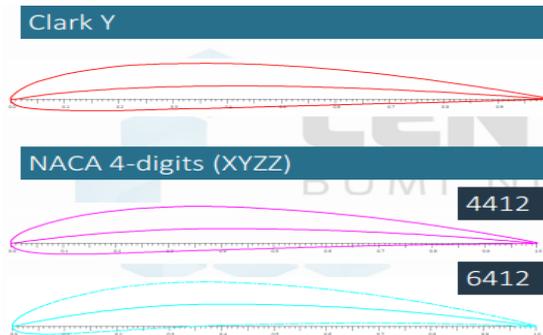
3. Aliran turbulen

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan dari partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami percampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dimana nilai bilangan Reynoldnya lebih besar dari 4000 ( $Re > 4000$ ).

Untuk dapat mengetahui aliran ini turbulence atau laminar sangat mudah yaitu lihat fluida apa yang mengalir dan cari viskositasnya. Jika viskositasnya sangat kecil maka kemungkinan besar aliran ini merupakan aliran turbulence. Contoh saja Udara sudah dipastikan turbulence karena memiliki viskositas lebih kecil dari  $10e-5$  sehingga nilai Reynold numbernya sudah pasti jauh diatas 4000.

## 2.2.2 Pemilihan Airfoil

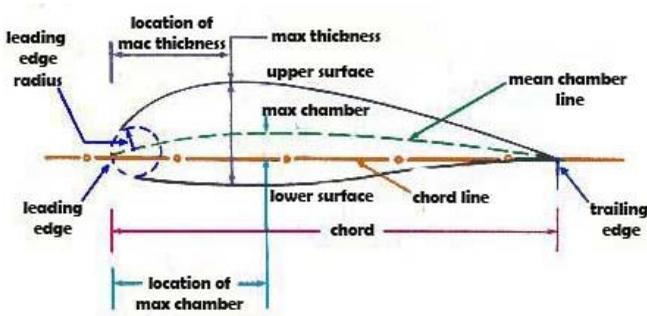
Airfoil dalam bahasa Inggris adalah suatu bentuk sayap atau pisau (dari baling-baling, rotor atau turbin). NACA airfoil adalah bentuk sayap pesawat terbang yang dikembangkan oleh Komite Penasihat Nasional untuk Aeronautika (NACA). Bentuk airfoil dijelaskan menggunakan serangkaian digit mengikuti kata NACA. Parameter dalam kode numerik dapat dimasukkan ke dalam persamaan untuk mendapatkan penampang airfoil dan menghitung sifat-sifat dari airfoil itu sendiri. Leading edge dalam puluhan persentase dari chord. Dua digit terakhir menggambarkan persentase ketebalan maksimum dari chord. Sebagai contoh, airfoil NACA 4415 asimetris memiliki maksimum camber 4% terletak 40% (0,4 chords) dari leading edge dengan ketebalan maksimum sebesar 15% dari chord. NACA 0018 simetris dengan 00 menunjukkan bahwa airfoil ini tidak memiliki camber. Angka 18 menunjukkan besarnya persentase ketebalan dari panjang chord.



Gambar 2. 3 Jenis-Jenis Airfoil [4].

NACA XYZZ ----- X : Max camber (%chord)  
 Y : Posisi max camber (\*10%chord)

ZZ : Max thickness (%chord)



Gambar 2. 4 Bagian-Bagian Airfoil

Kualitas unjuk kerja dari sudu-sudu airfoil ini biasanya dinyatakan dalam harga koefisien gaya *drag* (  $C_D$  ) dan gaya *lift* (  $C_L$  ). Gaya *lift* adalah gaya yang arahnya tegak lurus aliran yang mengenai suatu bentuk airfoil. Gaya *drag* adalah gaya yang sejajar dengan aliran fluida yang mengenai suatu bentuk airfoil. Besarnya masing-masing gaya tersebut adalah

$$L = C_l \frac{1}{2} \rho A v \dots\dots\dots(6)$$

$$D = C_d \frac{1}{2} \rho A v \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

L = gaya angkat (*lift*) (N)

D = gaya dorong (*drag*) (N)

$\rho$  = densitas udara yang mengalir (Kg/m<sup>3</sup>)

V = Kecepatan angin (m/s)

A = luasan sudu (m<sup>2</sup>)

Tiap airfoil memiliki karakter masing-masing, antara lain digambarkan oleh kurva :  $C_l/C_d - \alpha$  ;  $C_l - \alpha$ .

### 2.2.3 Daya dan Kecepatan

Gaya tangensial pada bilah ditimbulkan oleh adanya komponen daya angkat pada bidang putar. Gaya tangensial pada rotor ini mempunyai jarak (lengan) tertentu pada sumbu putar (poros) dan hasil kali kedua besaran ini seringkali disebut dengan torsi ( $T$ ). Jika kemudian rotor ini berputar dengan kecepatan tertentu pula ( $w$ ), maka daya ( $P$ ) yang timbul dapat dihitung sebesar:

$$P = T.w \dots\dots\dots(8)$$

$T$  = Torsi (Nm)

$w$  = Kecepatan angular (rpm)

$P$  = Daya (Watt)

Atau untuk menghitung daya yang dihasilkan yaitu:

$$P = \frac{m g h}{t} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana :  $P$  = daya (watt)

$m$  = massa beban (Kg)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$h$  = tinggi (m)

$t$  = waktu (s)

Seperti diketahui ternyata energi kinetik yang dimiliki angin tidak

seluruhnya dapat dikonversikan menjadi gaya mekanik (dengan adanya komponen gaya seret yang mengurangi komponen gaya angkat) [4]. Dengan demikian terjadi kerugian daya dan perbandingan antara daya yang dihasilkan dan daya yang dimiliki angin disebut dengan koefisien daya ( $C_p$ ) yang dapat ditulis:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho a v^3} \dots\dots\dots(10)$$

Dimana :  $C_p$  = Koefisien daya

$$P = \text{Daya (N/m}^2 \text{)}$$

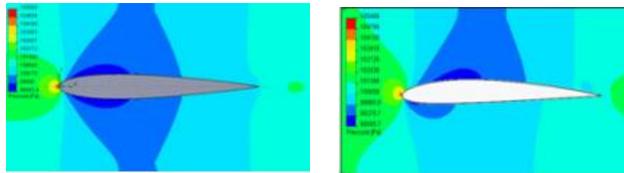
$\rho$  = densitas udara yang mengalir (Kg/ m<sup>3</sup>)

$A = L \times D$ , dimana L adalah panjang blade, D adalah diameter turbin (m<sup>2</sup>)

$V$  = Kecepatan angin (m/s)

### 1.3 NACA 0021 dan NACA 6412

Penggunaan airfoil NACA 0021 pada turbin angin sumbu vertikal sangatlah bagus dikarenakan NACA tersebut merupakan tipe simetris yaitu permukaan atas dan bawah besarnya sama..



Gambar 2. 5 NACA 0021 dan NACA 6412

Pada gambar 2.5 kedua NACA diatas terlihat, NACA 6412 mengalami gaya Lift keatas dan Naca 0021 tidak mengalami gaya Lift. Dapat di tunjukkan oleh gradasi warna kedua NACA terlihat bahwa gradasi warna pada NACA 6412 warna biru tua di bagian atas airfoil lebih besar dari pada dibagian bawah airfoil yang berskala besar. Tetapi warna biru tua memiliki nilai skala yang paling kecil. Gaya drag yang terjadi NACA 6412 mengalami drag lebih besar daripada NACA 0021. Hal tersebut di tunjukkan dengan gradasi warna hijau yang lebih besar daripada NACA 0021. Pada bagian ekor (trailing edge) NACA 6412 memiliki tekanan lebih besar daripada NACA 0021 yang di tunjukkan oleh warna hijau. Pada aliran kecepatan Airfoil NACA 0021 lebih banyak mengeluarkan turbulensi dari pada NACA 6412 sehingga menyebabkan nilai dari gaya hambatnya jadi lebih besar, pada

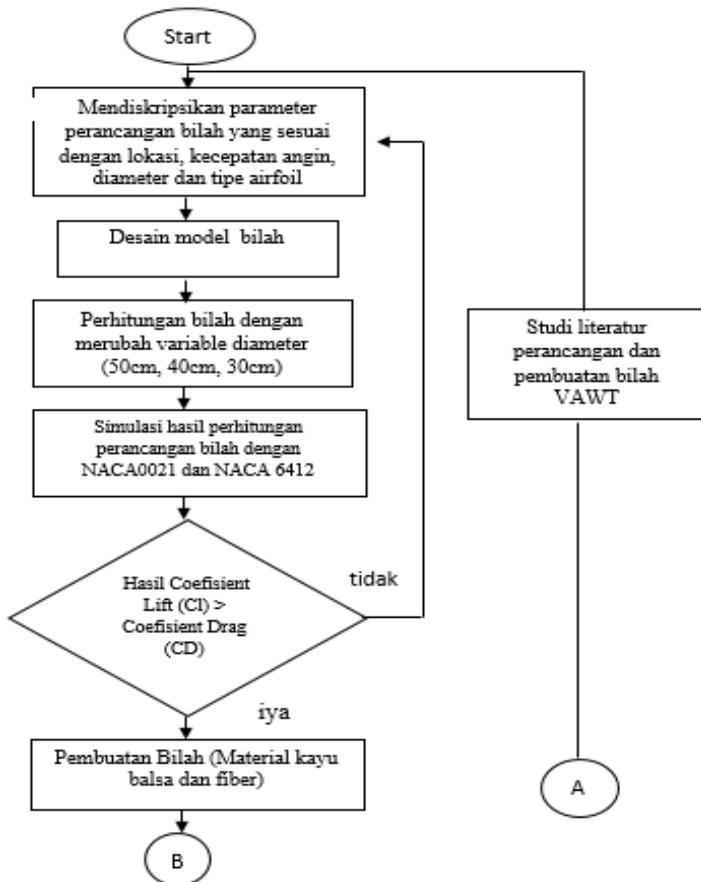
NACA 6412 gaya hambatnya lebih kecil karena turbulensi pada Airfoil sangat kecil. [5]

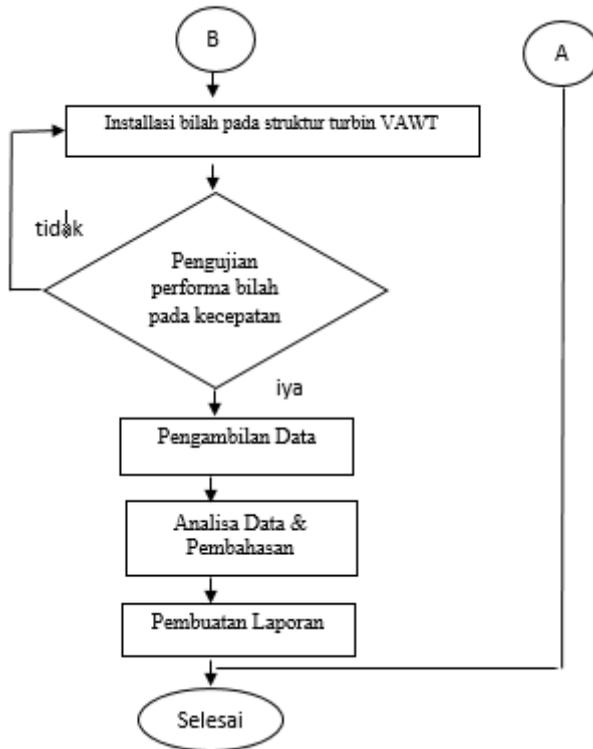
## BAB III

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

#### 3.1 Blok Diagram Perancangan Alat

Langkah- langkah dalam tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1





Gambar 3. 1 Skema Diagram Alir Tugas Akhir

Pada gambar 3.1 menjelaskan mengenai perancangan dan pembuatan alat yang meliputi studi literatur, perancangan bilah, simulasi bilah, pembuatan alat serta analisis data.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk merancang hingga membuat bilah ini adalah sebagai berikut :

- Merancang Bilah
  1. Microsoft Excel

2. Software Q-Blade
  3. Software CAD
  4. Software ANSYS
- Membuat Bilah
    1. Bentuk airfoil
    2. Kayu balsa
    3. Fiberglass cloth
    4. Resin katalis
    5. Kertas gosok ukuran (150, 180, 240, 500)

### 3.3 Langkah Perancangan dan Pembuatan Bilah

#### 3.3.1 Menentukan Parameter Bilah

1. Parameter bilah ditentukan, parameter yang dibutuhkan adalah berupa diameter rotor, tinggi bilah, lebar bilah, jenis airfoil dan daya angin yang dapat dihasilkan.
2. Dimeter rotor digunakan ukuran 1 m
3. Tinggi bilah digunakan ukuran 0.35 m
4. Lebar bilah digunakan ukuran 0.15 m
5. Airfoil yang digunakan NACA 0021 dan NACA 6412
6. Sehingga didapatkan ketebalan maksimal untuk NACA 0021 adalah 3.15 cm. Untuk NACA 6412 didapatkan ketebalan maksimal 1.8 cm.
7. Daya angin dan luas sapuan yang diterima untuk setiap variasi dapat dilihat pada gambar berikut.

Table 3. 1 Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 1m

Daya angin	V maks	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Luas sapuan (m <sup>2</sup> )	Diameter (m)	Tinggi (m)
46	6	1.225	0.350	1	0.35
46	6	1.225	0.350	1	0.35

Pada table diatas dapat dilihat bahwa dengan diameter turbin 1m didapatkan luas sapuan  $0.350 \text{ m}^2$  dan daya angin yang diterima adalah 214 Watt.

*Table 3. 2* Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 0.8m

Daya angin	V maks	Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	Luas sapuan ( $\text{m}^2$ )	Diameter (m)	Tinggi (m)
37	6	1.225	0.28	0.9	0.35
37	6	1.225	0.28	0.9	0.35

Pada table diatas dapat dilihat bahwa dengan diameter turbin 0.8 m didapatkan luas sapuan  $0.28 \text{ m}^2$  dan daya angin yang diterima adalah 172 Watt.

*Table 3. 3* Daya Angin dan Luas Sapuan pada Diameter 0.8 m

Daya angin	V maks	Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )	Luas sapuan ( $\text{m}^2$ )	Diameter (m)	Tinggi (m)
28	6	1.225	0.21	0.6	0.35
28	6	1.225	0.21	0.6	0.35

Pada table diatas dapat dilihat bahwa dengan diameter turbin 0.6 m didapatkan luas sapuan  $0.21 \text{ m}^2$  dan daya angin yang diterima adalah 129 Watt.

8. Setelah didapatkan daya angin yang diterima, maka untuk mengetahui *Cofisien Performansi* ( $C_p$ ) dapat dicari menggunakan software Q-blade.
9. Namun, sebelum itu kita harus tentukan besar TSR digunakan, dari berbagai referensi TSR yang digunakan pada turbin angin VAWT adalah 2.62 .
10. Berikut hasil  $C_p$  tiap airfoil
- 11.

*Table 3. 4 Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 1m*

TSR	Cp	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	Cl/Cd
2.62	0.67	NACA 0021	3	1	0.5	8.5	75.10

Hasil Cp pada NACA 6412 dengan diameter 1m adalah 0.67 juga didapatkan nilai Cl/Cd tertinggi adalah 75.10 dengan nilai alpha sebesar 8.5.

*Table 3. 5 Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 0.8m*

TSR	Cp	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	Cl/Cd
2.62	0.62	NACA 0021	3	1	0.4	8.5	75.10

Hasil Cp pada NACA 6412 dengan diameter 0.8m adalah 0.62 juga didapatkan nilai Cl/Cd tertinggi adalah 75.10 dengan nilai alpha sebesar 8.5.

*Table 3. 6 Hasil Cp pada NACA 0021 Diameter 0.6m*

TSR	Cp	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	Cl/Cd
2.62	0.67	NACA 0021	3	1	0.3	8.5	75.10

Hasil Cp pada NACA 6412 dengan diameter 0.6 m adalah 0.67 juga didapatkan nilai Cl/Cd tertinggi adalah 75.10 dengan nilai alpha sebesar 8.5.

*Table 3. 7 Hasil Cp pada NACA 6412 Diameter 1 m*

TSR	Cp	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	Cl/Cd
2.62	0.69	NACA 6412	3	1	0.5	6	147.1

Hasil  $C_p$  pada NACA 0021 dengan diameter 1m adalah 0.69 juga didapatkan nilai  $Cl/Cd$  tertinggi adalah 147.1 dengan nilai  $\alpha$  sebesar 6.

Table 3. 8 Hasil  $C_p$  pada NACA 6412 Diameter 0.8m

TSR	$C_p$	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	$Cl/Cd$
2.62	0.77	NACA 6412	3	1	0.4	6	147.1

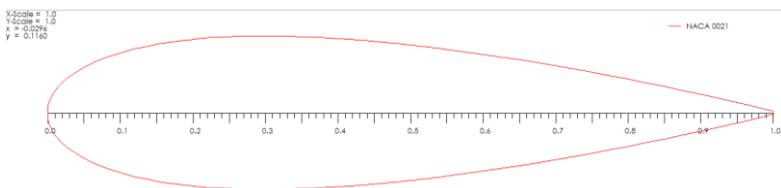
Hasil  $C_p$  pada NACA 0021 dengan diameter 0.8m adalah 0.77 juga didapatkan nilai  $Cl/Cd$  tertinggi adalah 147.1 dengan nilai  $\alpha$  sebesar 6.

Table 3. 9 Hasil  $C_p$  pada NACA 6412 Diameter 0.6 m

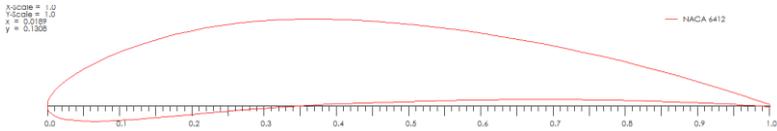
TSR	$C_p$	Airfoil	Jml.Bilah	elemen	r	alpha	$Cl/Cd$
2.62	0.91	NACA 6412	3	1	0.3	6	147.1

Hasil  $C_p$  pada NACA 0021 dengan diameter 0.6 m adalah 0.91 juga didapatkan nilai  $Cl/Cd$  tertinggi adalah 147.1 dengan nilai  $\alpha$  sebesar 6.

Berikut merupakan desain airfoil NACA 0021 dan NACA 6412 yang akan dipakai.



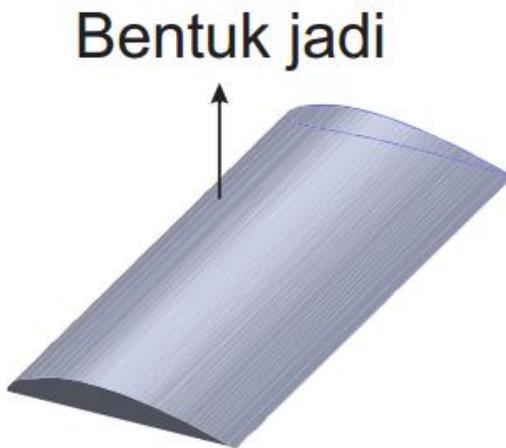
Gambar 3. 2 Airfoil NACA 0021



*Gambar 3. 3* Airfoil NACA 6412

Gambar diatas merupakan airfoil NACA 0021 dan NACA 6412 untuk NACA 0021 merupakan jenis airfoil yang simetris bagian atas dan bawah memiliki ukuran yang sama. Sedangkan NACA 6412 merupakan NACA nonsimetris semakin keujung semakin menipis.

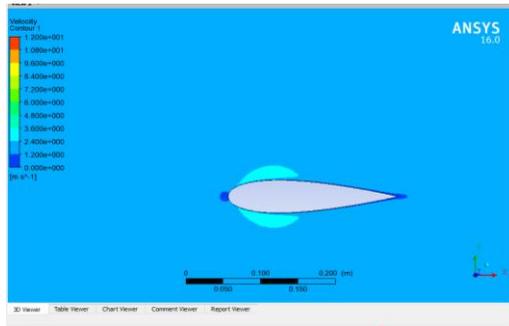
12. Setelah desain airfoil sesuai maka *export* koordinat untuk dipindahkan ke notepad disimpan dengan .dat
13. Lalu copy koordinat tersebut ke excel dan dijadikan ke bentuk .txt sehingga koordinat tersebut dapat digunakan untuk desain 3D di software CAD.
14. Gambar 3D airfoil dapat diperoleh dengan menggunakan software CAD. Berikut hasil gambar 3D airfoil hingga menjadi bilah.



*Gambar 3. 4* Gambar 3D Bilah dengan NACA 6412

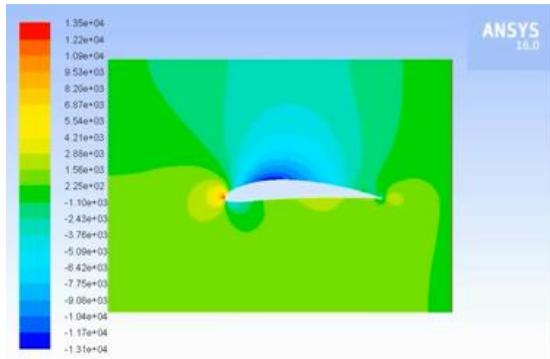
### 3.3.2 Simulasi Aliran Airfoil

Pada airfoil tipe NACA 0021 aliran fluida angin yang melewati bilah seperti gambar berikut :



*Gambar 3. 5* Aliran fluida pada NACA 0021

Gambar diatas merupakan aliran fluida pada airfoil jenis NACA 0021 aliran fluida pada NACA jenis ini rata pada seluruh bagian.



*Gambar 3. 6* Aliran fluida pada NACA 6412

Gambar 3.6 merupakan aliran fluida pada airfoil NACA 6412, aliran angin yang melewati airfoil tersebut memiliki tekanan fluida yang mengalir dipermukaan atas airfoil lebih rendah bila dibandingkan dengan tekanan dipermukaan bawah airfoil.

*Table 3. 10 Nilai Coefisien Lift dan Coefisien Drag 0021*

Sudut Serang	Cl	Cd
0	0.097	0.014
3	0.258	0.017
6	0.407	0.028
9	0.465	0.08

Dari data table diatas merupakan nilai Cl dan Cd pada NACA 0021 dapat diketahui bahwa gaya angkat lebih besar daripada gaya hambat sehingga memungkinkan bilah dengan airfoil tersebut dapat berputar.

*Table 3. 11 Nilai Coefisien Lift dan Coefisien Drag 6412*

Sudut Serang	Cl	Cd
0	0.387	0.04
3	0.5632	0.05831
6	0.7021	0.0838
9	0.721	0.119

Dari data table diatas merupakan nilai Cl dan Cd pada NACA 6412 dapat diketahui bahwa gaya angkat lebih besar daripada gaya hambat sehingga memungkinkan bilah dengan airfoil tersebut dapat berputar

### **3.3.3 Pembuatan Bilah**

Setelah airfoil terbukti mempunyai nilai Cl lebih besar dari Cd maka airfoil tersebut digunakan sebagai profil bilah turbin angin yang akan dibuat. Berikut merupakan hasil bilah yang telah dibuat.



*Gambar 3. 7 Hasil Pembuatan Bilah Material Kayu*

Bilah dengan material kayu yang telah dibuat dengan menggunakan kayu balsah dan mempunyai berat sebesar 53 gram. Berat tersebut termasuk ringan dikarenakan bilah yang ringan mudah untuk berputar saat diterpa angin. Selain ringan bilah yang dibuat ini sangat kuat sehingga bila diterpa angin kencang, bilah akan tetap diposisinya.



*Gambar 3. 8 Hasil Pembuatan Bilah Material Fiber*

Untuk material kedua yaitu dengan *fiberglass* dibandingkan dengan material kayu berat bilah dengan fiberglass jauh lebih ringan yaitu sebesar 28 gram. Hal tersebut pasti sangat mempengaruhi besar angin yang dapat diterpa oleh bilah. Dikarenakan material fiber sangat ringan dibandingkan material kayu, sehingga dapat memutar turbin dengan angin yang lebih rendah.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 ANALISA DATA**

##### **4.1.1 Hasil Rancang Bangun**

Berikut merupakan hasil rancang bangun turbin angin skala kecil.



*Gambar 4. 1* Turbin Angin Skala Kecil

Turbin angin untuk uji coba digunakan dalam skala kecil terlihat pada gambar 4.1 dikarenakan alat uji coba berupa *wind tunnel* mempunyai ruang yang tidak begitu besar.



*Gambar 4. 2* Tempat Turbin Kecil

Pada gambar 4.2 ukuran wind tunnel yang digunakan cukup besar namun untuk tempat turbin hanya berukuran 20cm x 20 cm. Berikut gambar *wind tunnel* yang digunakan.



*Gambar 4. 3 Wind Tunnel*

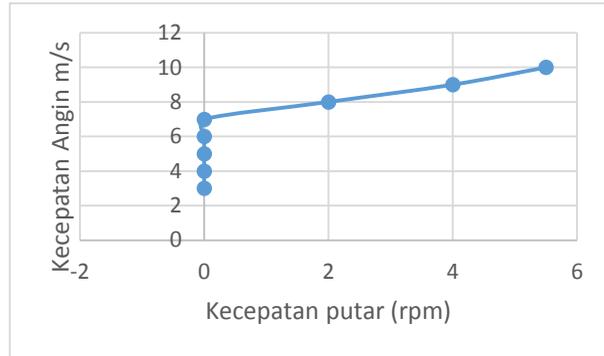
Gambar 4.3 merupakan alat uji coba untuk turbin angin kecil yaitu *wind tunnel*. Di dalam *wind tunnel* terdapat terowongan angin yang dapat mengarahkan angin supaya meminimalisir aliran turbulen. Kecepatan angin yang digunakan dapat diatur sesuai keinginannya.

Untuk mengukur kecepatan angin digunakan anemometer digital yang diletakkan di depan turbin kecil. Setelah sesuai dengan kecepatan angin yang diinginkan baru di jalankan *wind tunnel* nya. Untuk mendapatkan nilai rpm digunakan *tachometer* yang dapat ditempelkan di *shaft* turbin kecil.

#### **4.1.2 Pengujian Alat**

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat dengan mencari data pengujian antara lain di kecepatan berapa turbin dapat berputar, dan berapa rpm yang dihasilkan saat turbin berputar. Pengujian dilakukan dari kecepatan angin 3 m/s hingga 10 m/s dengan variasi jari-jari yaitu 8 cm, 9cm dan 10 cm. Berikut

data yang diperoleh dari pengujian alat yang tercantum pada Tabel 4.1 sebagai berikut.



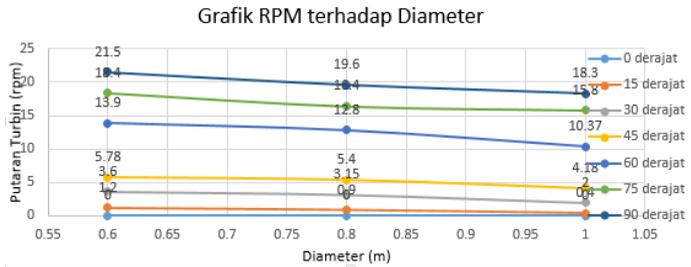
*Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Kecepatan Putar Terhadap Kecepatan Angin NACA 0021*

Dari gambar grafik 4.4 diatas didapatkan bahwa turbin baru dapat berputar pada kecepatan angin 8 m/s. Semakin besar kecepatan angin maka kecepatan putar turbin akan semakin besar.



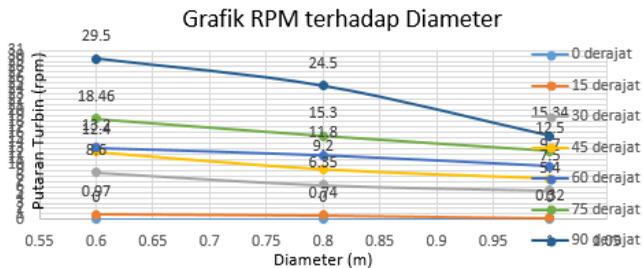
*Gambar 4. 5 Proses Pengambilan Data Turbin Besar*

Pada hasil percobaan gambar 4.5 turbin angin yang besar dan sebagai sumber angin menggunakan blower dengan kecepatan angin rata-rata 6 m/s didapatkan data sebagai berikut.



**Gambar 4. 6** Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Kayu

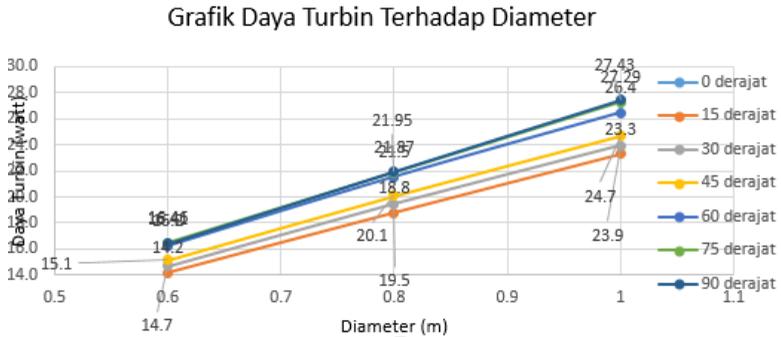
Pada gambar 4.8 menunjukkan grafik besar RPM terhadap diameter turbin dengan material kayu NACA 0021. Dapat dilihat bahwa semakin besar diameter turbin maka putarannya semakin rendah. Sebaliknya bila diameter bilah semakin kecil, maka putaran turbin semakin besar. Didapatkan juga jika sudut serang semakin besar maka juga mempengaruhi putaran turbin yaitu pada sudut serang  $90^0$  dengan putaran turbin 21.5 rpm.



**Gambar 4. 7** Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Fiber

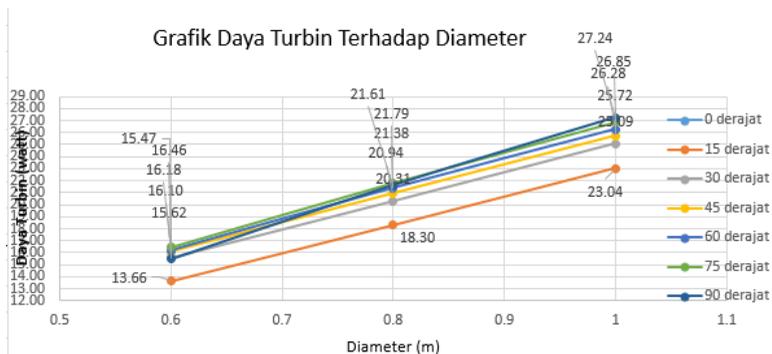
Pada gambar 4.7 menunjukkan grafik besar RPM terhadap diameter turbin dengan material fiber NACA 0021. Dapat dilihat juga bahwa semakin besar diameter turbin maka putaran turbin semakin sedikit. Sebaliknya bila diameter semakin kecil putaran yang dihasilkan semakin besar. Didapatkan juga bila sudut serang

semakin besar yaitu 90 derajat maka putaran turbin semakin besar yaitu 29.5 rpm.



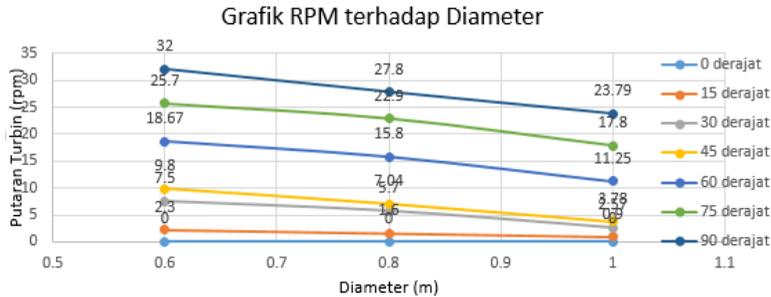
*Gambar 4. 8* Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Kayu

Pada gambar 4.8 dapat diketahui bahwa daya turbin angin yang dihasilkan justru meningkat bila diameter turbin besar. Hal tersebut dikarenakan luas sapuan angin yang dihasilkan besar dari gambar diatas daya turbin besar pada  $90^0$  diameter 1 meter dengan daya 27.43 watt.



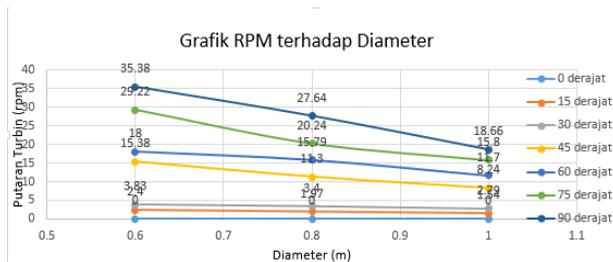
*Gambar 4. 9* Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 0021 Material Fiber

Pada gambar 4.9 didapatkan nilai daya turbin yang dihasilkan semakin besar bila diameter turbin juga semakin besar. Hal tersebut dikarenakan luas sapuan angin yang dihasilkan besar dari gambar diatas daya turbin besar pada  $90^0$  diameter 1 meter dengan daya 27.24 watt.



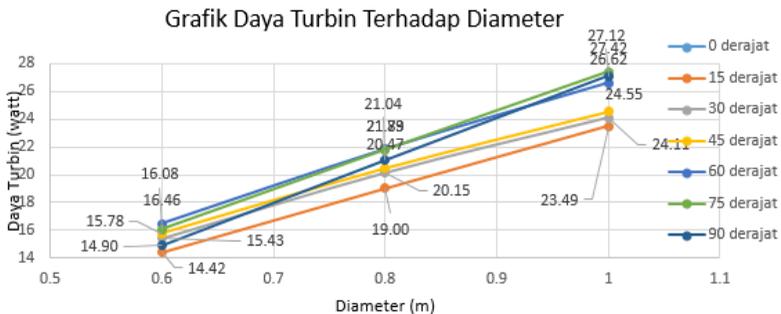
*Gambar 4. 10* Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Kayu

Pada gambar 4.10 menunjukkan grafik besar RPM terhadap diameter turbin dengan material kayu NACA 6412. Dapat dilihat bahwa semakin besar diameter turbin maka putarannya semakin rendah. Sebaliknya bila diameter bilah semakin kecil, maka putaran turbin semakin besar. Didapatkan juga jika sudut serang semakin besar maka juga mempengaruhi putaran turbin yaitu pada sudut serang  $90^0$  dengan putaran turbin 32 rpm.



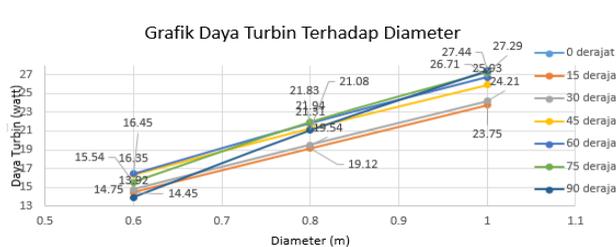
*Gambar 4. 11* Grafik RPM Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Fiber

Pada gambar 4.11 menunjukkan grafik besar RPM terhadap diameter turbin dengan material fiber NACA 6412. Dapat dilihat bahwa semakin besar diameter turbin maka putarannya semakin rendah. Sebaliknya bila diameter bilah semakin kecil, maka putaran turbin semakin besar. Didapatkan juga jika sudut serang semakin besar maka juga mempengaruhi putaran turbin yaitu pada sudut serang  $90^0$  dengan putaran turbin 35.38 rpm.



*Gambar 4. 12* Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Kayu

Pada gambar 4.12 dapat diketahui bahwa daya turbin angin yang dihasilkan justru meningkat bila diameter turbin besar. Hal tersebut dikarenakan luas sapuan angin yang dihasilkan besar dari gambar diatas daya turbin besar pada  $90^0$  diameter 1 meter dengan daya 27.42 watt.



*Gambar 4. 13* Grafik Daya Turbin Terhadap Diameter Bilah NACA 6412 Material Fiber

Pada gambar 4.13 dapat diketahui bahwa daya turbin angin yang dihasilkan justru meningkat bila diameter turbin besar. Hal tersebut dikarenakan luas sapuan angin yang dihasilkan besar dari gambar diatas daya turbin besar pada  $90^0$  diameter 1 meter dengan daya 27.44 watt.

## 4.2 Pembahasan

Pada tugas akhir ini telah dirancang desain bilah turbin angin *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* tipe darrieus. Percobaan yang dilakukan dengan menggunakan sumber angin berupa kipas besar (blower) dengan kecepatan angin rata-rata 6 m/s. Didapatkan nilai putaran turbin semakin besar bila diameter turbin semakin kecil, besar putaran turbin juga dipengaruhi besar sudut serang pada posisi bilah. Dari hasil percobaan diatas didapatkan nilai putaran turbin mulai meningkat dengan sudut serang  $30^0$ . Putaran turbin paling maksimal yang dihasilkan pada sudut serang  $90^0$  yaitu sebesar 21.5 rpm untuk material kayu 29.5 rpm untuk material fiber dengan menggunakan NACA 0021. Sedangkan pada NACA 6412 putaran maksimal yang dihasilkan sebesar 32 rpm untuk material kayu dan 35.38 rpm untuk material fiber. Bilah dibuat dengan bentuk airfoil yang menghasilkan gaya lift besar, sehingga dapat menghasilkan putaran turbin yang besar. Gaya lift cenderung semakin besar jika sudut serang semakin besar. Pada sudut serang  $0^0$ , aliran yang terjadi adalah aliran laminar sehingga gaya drag yang timbul dikarenakan desakan udara pada bagian ujung airfoil (*leading edge*).

Daya turbin yang dihasilkan merupakan kebalikan dari putaran turbin yaitu bila diameter turbin semakin besar maka daya yang dihasilkan turbin juga semakin besar. Pada percobaan diatas daya turbin yang dihasilkan maksimal yaitu sebesar 27.43 watt untuk material kayu 27.24 watt untuk material fiber dengan menggunakan NACA 0021. Sedangkan pada NACA 6412 daya yang dihasilkan turbin maksimal sebesar 27.42 watt untuk material kayu dan 27.44 watt untuk material fiber.. Hal tersebut dapat terjadi karena bila luas sapuan area angin luas maka daya yang dihasilkan turbin semakin besar.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan sementara dari uji coba turbin kecil di wind tunnel sebagai berikut :

1. Turbin angin dapat berputar dengan menggunakan bilah dengan airfoil NACA 0021 dan NACA 6412, namun performa turbin lebih bagus dengan menggunakan NACA 6412.
2. Putaran turbin mulai maksimal pada sudut serang  $30^0$  dengan diameter turbin 0.6 meter dan menghasilkan putaran maksimal pada sudut serang  $90^0$ .
3. Daya yang dihasilkan turbin semakin besar dengan diameter turbin besar yaitu 1m dan menggunakan material kayu maupun bilah fiber.

#### **5.2 Saran**

1. Bila alat TA ini diteruskan maka untuk mempermudah pengambilan data dibuat cerobong penyearah supaya sumber angin yang keluar dapat satu arah dan tidak menyebar.
2. Supaya tidak menggunakan sumber angin kipas / blower, maka perlu dibuat alat TA sebagai penunjang pengujian turbin yaitu *Wind Tunnel*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] D. Profil, S. Naca, dan D. A. N. Analisa, “Uji Performansi Turbin Angin Tipe Darrieus-H Perbandingan Efisiensi Menggunakan Variasi,” no. 14, 2014.
- [2] H. Piggot, “Windpower Workshop, Building Your Own Wind Turbine,” hal. 156, 2008.
- [3] N. Aklis, H. Syafi, Y. C. Prastiko, dan B. M. Sukmana, “STUDI EKSPERIMEN PENGARUH SUDUT PITCH TERHADAP PERFORMA TURBIN ANGIN DARRIEUS-H SUMBU VERTIKAL,” vol. 17, no. 2, hal. 6–12, 2016.
- [4] I. N. Zahra, “Pembuatan Bilah,” hal. 1–26, 2016.
- [5] T. Mesin dan U. Muhammadiyah, “PADA BERBAGAI VARIASI ANGLE OF ATTACK,” vol. 11, no. 1, hal. 15–22, 2010.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis Nilla Perdana Agustina yang dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 9 Agustus 1996 dari ayah bernama Maji dan ibu bernama Suprapti. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jalan Kedung Asem Gg VI No. 28-B Surabaya. Pada tahun 2008, penulis menyelesaikan pendidikan tingkat dasar di SDN Kalirungkut III Surabaya. Pada tahun 2011 penulis menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 35 Surabaya . Tahun 2014 berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah kejuruan di SMK Negeri 1 Surabaya. Dan pada tahun 2018 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Teknik Instrumentasi, Departemen Teknik Instrumentasi Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN PERFORMA TURBIN ANGIN TIPE DARRIEUS SUMBU VERTIKAL TERHADAP VARIASI PARAMETER BILAH ”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui email [nillaagustina09@gmail.com](mailto:nillaagustina09@gmail.com).