

# RANCANG BANGUN PENGARAH ANGIN MEKANIK UNTUK MINIATUR TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL

Oleh:

**Candra Nugraha<sup>1</sup>, Suyono<sup>2</sup>, Andi Noviandi<sup>3</sup>**

Jurusan Teknik Manufaktur

Politeknik Manufaktur Bandung

Email: [candranugraha49@gmail.com](mailto:candranugraha49@gmail.com)

## ABSTRAK

Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Pemanfaatan sumber energi angin untuk menghasilkan energi listrik bukanlah hal yang baru, namun energi listrik yang dihasilkan tentu sangat terbatas karena disebabkan oleh beberapa hal utama, seperti potensi kecepatan angin di suatu daerah, serta peralatan konversi energi yang digunakan. Teknologi yang memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik salah satunya adalah Kincir Angin. Kincir angin merupakan sebuah alat yang mampu memanfaatkan kekuatan angin untuk diubah menjadi kekuatan mekanik. Dari proses itu memudahkan beberapa kegiatan manusia yang memerlukan tenaga besar seperti memompa air untuk mengairi sawah atau menggiling biji-bijian. Kincir angin modern adalah mesin yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik, disebut juga turbin angin. Banyaknya penelitian dan inovasi baru dalam pengembangan Turbin angin dalam menghasilkan energi listrik, menyebabkan design yang berbeda-beda dengan fungsi dan kelebihan nya masing-masing. Untuk memperoleh ekstraksi dari energi angin ke energi listrik yang lebih tinggi, diperlukan sebuah pengarah angin untuk kincir angin yang dapat mengarahkan angin lebih maksimal untuk putaran kincir, sehingga putaran yang dihasilkan semakin cepat dan energi listrik yang di hasilkan menjadi lebih besar. Pengarah angin mekanik dirancang secara optimal baik dari pemilihan material maupun bentukan designnya. Hasil rancangan tersebut dibuat melalui proses manufaktur yang dilakukan dibengkel jurusan Teknik Manufaktur Politeknik Manufaktur Bandung. Berdasarkan hasil pengujian tanpa pengarah angin menggunakan 1 unit blower, putaran kincir angin didapatkan 61.8 rpm dengan tegangan listrik 3.4 volt. Kemudian dilakukan pengujian lanjutan menggunakan 2 unit blower dengan asumsi angin yang lebih merata menghasilkan 40 rpm dengan tegangan listrik 2.2 volt. Setelah menggunakan pengarah angin, putaran kincir angin meningkat menjadi 124.5 Rpm dan tegangan listrik 6.85 volt dengan sudut maksimum yang digunakan adalah kombinasi 45° pengarah tengah dan 45° pengarah samping. Dengan menggunakan pengarah angin, didapatkan peningkatan hasil putaran kincir dan tegangan listrik sebesar 201%.

Kata kunci : energi, angin, miniatur kincir angin, pengarah angin mekanik

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi angin di Indonesia untuk saat ini masih tergolong rendah. Pemerintah baru kembali mewujudkan program dalam pemanfaatan energi angin ini pada tahun 2018 di Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan. Penyebab kurang maksimalnya pemanfaatan angin di Indonesia adalah karena kecepatan angin rata-rata di wilayah Indonesia tergolong kecepatan angin rendah<sup>[1]</sup>.

Turbin angin merupakan teknologi yang memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik. Energi angin sebagai salah satu energi baru terbarukan memiliki potensi besar

dalam mendukung revolusi energi bersih di Indonesia.

Sebagai institusi Polman Bandung dituntut melakukan penelitian atau penemuan baru baik dari dosen maupun mahasiswanya. Salah satu alat yang dikembangkan di Polman Bandung adalah Miniatur Turbin Angin Sumbu Vertikal.

Untuk memperoleh energi listrik yang lebih tinggi, diperlukan sebuah pengarah angin untuk turbin angin yang dapat mengarahkan serta menambah tekanan angin yang mengarah ke kincir, sehingga putaran yang dihasilkan semakin cepat dan energi listrik yang di hasilkan menjadi lebih besar.

Dengan dasar inilah penulis mencoba untuk membuat “Rancang Bangun Pengarah Angin Mekanik Untuk Miniatur Turbin Angin Sumbu Vertikal”.

**Tujuan**

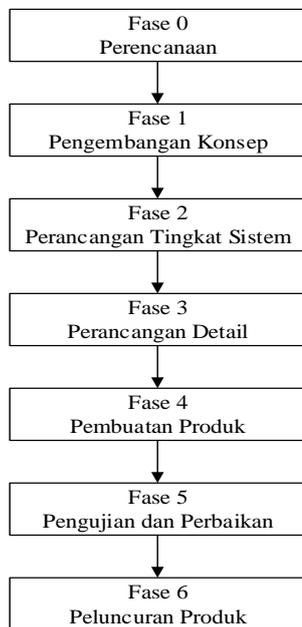
Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang dan membuat Pengarah Angin Mekanik.
- b. Mengetahui pengaruh Pengarah Angin Mekanik terhadap kinerja Miniatur Turbin Angin Sumbu Vertikal.

**2. LANDASAN TEORI**

**Proses Pengembangan Produk**

Proses pengembangan produk secara umum dibagi kedalam beberapa tahap yang biasanya disebut fase. Menurut Karl T.Ulrich dan Steven D. Eppinger<sup>[2]</sup>. Proses pengembangan produk secara keseluruhan terbagi kedalam 6 (enam) fase, yaitu:



Gambar 2.1 Fase pengembangan produk menurut Ulrich-Eppinger

**Seleksi Konsep**

Metode seleksi konsep pada proses ini didasarkan pada penggunaan matriks keputusan untuk mengevaluasi masing-masing konsep dengan mempertimbangkan serangkaian kriteria seleksi ( Ulrich & Eppinger, 2001)<sup>[2]</sup> . Proses seleksi konsep terdiri atas 2 langkah utama yaitu penyaringan konsep dan penilaian konsep dengan metode yang dikembangkan

oleh Stuart Pugh pada tahun 1980-an dan sering sekali disebut seleksi konsep Pugh (Pugh,1990)<sup>[3]</sup>.

Tabel 2.1 Contoh Pugh Matrix

Kriteria	Bobot	Konsep		
		A	B	C
Kriteria 1	10	+1	0	-1
Kriteria 2	5	-1	+1	0
Kriteria 3	3	1	0	-1
Kriteria 4	4	1	0	-1
Kriteria 5	7	-1	0	+1
Kriteria 6	4	0	-1	+1
Kriteria 7	6	0	-1	+1
Kriteria 8	2	1	-1	0
Jumlah +		19	5	17
Jumlah 0		0	0	0
Jumlah -		-12	-12	-17
Nlai akhir		7	-7	0
Peringkat		1	3	2
Lanjutkan?		Ya	Tidak	Tidak

Pada tabel 2.1 proses penyaringan konsep merupakan proses penilaian yang sederhana yang menggunakan tiga simbol yaitu nilai relatif “lebih baik” (+1) bila konsep tersebut lebih baik dari konsep yang lainnya, relatif “sama” (0) bila konsep tersebut sama dengan konsep yang lainnya, dan “lebih buruk” (-1) bila konsep tersebut lebih buruk dari konsep yang lainnya.

**Pengertian Angin**

Angin adalah aliran udara dalam jumlah yang besar diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara di sekitarnya. (sumber: <https://kbbi.web.id/angin> )

**Turbin Angin**

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik<sup>[4]</sup>.

**Klasifikasi Turbin Angin**

**Turbin Angin Horizontal**

Turbin angin horisontal adalah model umum yang memiliki blade yang mirip propeller dan berputar pada sumbu vertikal.



Gambar 2.2 Turbin Angin Horizontal

### Turbin Angin Vertikal

Turbin angin vertikal memiliki shaft rotor vertikal. Kegunaan utama dari penempatan rotor ini adalah turbin angin tidak perlu diarahkan ke arah angin bertiup.



Gambar 2.3 Turbin Angin Vertikal

### Perhitungan Pengarah Angin

Berikut ini adalah beberapa rumus perhitungan yang mendukung analisa unjuk kerja turbin angin.

#### Tekanan Angin

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

Keterangan :  
**P** = Tekanan Angin (N/ m<sup>2</sup>)  
**ρ** = Kerapatan Udara (Kg/m<sup>3</sup>)  
**v** = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

#### Gaya Dorong Angin

$$F = A \cdot P \cdot Cd$$

Keterangan :  
**F** = Diameter Sudu (m)  
**P** = Tekanan Angin (N/ m<sup>2</sup>)  
**Cd** = Koefesien Drag  
**A** = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)

#### Torsi

$$T = r \times F$$

Keterangan :  
**T** = Torsi (Nm)  
**F** = Gaya dorong (N)  
**r** = jarak (m)

### Perhitungan Konstruksi

#### Tegangan Tekan

$$\sigma d = \frac{F}{A}$$

Keterangan :  
**σd** = Tegangan tekan (N/mm<sup>2</sup>)  
**A** = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)  
**F** = Gaya tekan (N)

#### Tegangan Momen Bengkok

$$\sigma Mb = \frac{Mb \times C}{I}$$

Keterangan :

- σMb** = Tegangan bengkok (N/mm<sup>2</sup>)
- I** = Momen tahanan (mm<sup>4</sup>)
- C** = Jarak terjauh (mm)
- Mb** = Momen bengkok (Nmm)

### Tegangan Geser

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

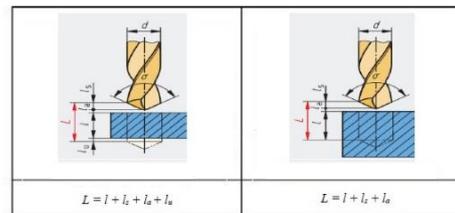
Keterangan :  
**τg** = Tegangan geser (N/mm<sup>2</sup>)  
**A** = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)  
**F** = Gaya geser (N)

### Proses pemesian

Proses pemesian adalah proses pemotongan material untuk mendapatkan dimensi, bentuk dan hasil yang disyaratkan [6]

#### Proses Bor (*Drilling*)

Proses Bor adalah operasi pemesian yang ditujukan untuk menghasilkan lubang pada material atau memperbesar lubang pada material.



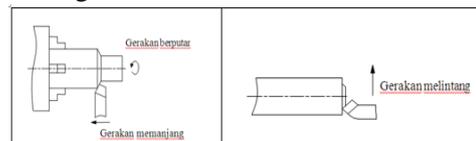
Gambar 2.4 Proses Bor

Tabel 2.2 Rumus Perhitungan waktu bor

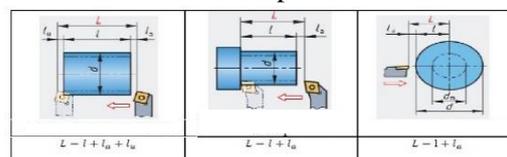
$n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d}$	$t_c = \frac{L \cdot i}{v_f}$	$v_f = n \cdot f$
Keterangan :		
D = Diameter mata bor (mm)	L = panjang benda kerja (mm)	
f = Pemakanan per putaran (mm/put)	li, li, li = jarak bebas mata bor (mm)	
L = Panjang total pengerjaan (mm)	i = banyaknya pemakanan (kali)	
Vc = Cutting speed (m/min)	li = 0,3 d untuk bor sudut 118°	
n = Kecepatan putar mata bor (rpm)		
Vf = Kecepatan pemakanan (mm/min)		
Tc = Waktu pemotongan (menit)		

### Proses bubut (*Turning*)

Bubut adalah proses pembuatan benda-benda silindris dengan cara penyayatan yang dilakukan dengan pahat dan benda kerja berputar pada porosnya. Gerakan-gerakan dalam membubut antara lain adalah gerakan berputar, gerakan memanjang, dan gerakan melintang.



Gambar 2.5 Gerakan proses bubut



Gambar 2.6 Panjang pemakanan proses bubut

Dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

Tabel 2.3 Rumus Waktu Pemesinan Bubut

$L =   \pm l_a + \pm l_b  $	$L =   \pm l_c  $	$L =   \pm l_d  $
$d = d$	$d = \frac{d+d_1}{2}$	$d = \frac{d}{2}$
<ul style="list-style-type: none"> <li><math>n = \frac{Vc \times 1000}{\pi \times d}</math></li> <li><math>tc = \frac{L \times x}{n \times f}</math></li> </ul>	Keterangan : t <sub>c</sub> = waktu pemotongan (menit) x = banyaknya pemakanan d = diameter benda kerja (mm) f = pergeseran pemakanan (mm/put) n = kecepatan putar benda kerja (rpm)	

### Operational Plan

Rencana operasi (*operational plan*) adalah urutan rencana kerja yang dibuat untuk dijadikan sebagai acuan dalam proses pembuatan benda kerja.

### Quality Control (QC)

*Quality control* adalah teknik operasional dan aktivitas yang digunakan untuk memenuhi persyaratan kualitas (ISO 3534, 8402)<sup>[7]</sup>.

### Perakitan

*Assembly* (perakitan) adalah proses penyusunan dan penyatuan bebrapa bagian komponen menjadi suatu alat atau mesin yang mempunyai fungsi tertentu<sup>[8]</sup>.

## 3. METODE PENELITIAN

### Fase Perencanaan Produk

Dalam tahapan perencanaan ini, pembimbing menginginkan pembuatan pengarah angin pada miniatur turbin angin dengan sistem mekanik yang berfungsi secara dinamis dan mengarahkan lebih banyak angin secara maksimal ke kincir angin turbin.

### Fase Pengembangan Konsep

Pada fase pengembangan konsep, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan pelanggan yang dikonversikan kedalam bentuk spesifikasi produk.

Tabel 3.1 Daftar Tuntutan

No	Tuntutan	Kualifikasi	Prioritas
1	Tuntutan Geometri		
1.1	Bentuk Struktur utama	Lingkaran	*
1.2	Kesimetrisan	Toleransi	**
1.3	Bukaan maksimum Sudut Pengarah	45°	*
1.4	Ukuran penampang angin	Mampu menggerakkan konstruksi	*
1.5	Bobot konstruksi	Ringan & kuat	*

2	Tuntutan Output		
2.1	Produk	Jadi	*
2.2	Kecepatan Putaran	Lebih besar dari kecepatan kincir angin tanpa pengarah angin	***
2.3	Energi Listrik	Lebih besar dari output turbin tanpa pengarah angin	***
3	Tuntutan Lainnya		
3.1	Mudah perakitan	Mudah dalam pemasangan komponen tanpa mempersulit komponen lain	*
3.2	Mudah perawatan	Bisa dilakukan bongkar pasang dengan mudah	***
3.3	Mudah dalam pembuatan	Bisa dibuat di polman	*

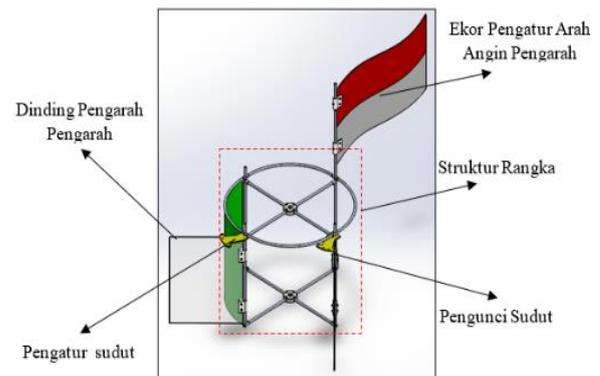
Keterangan:

- \* = Prioritas Utama
- \*\* = Prioritas Menengah
- \*\*\* = Prioritas Terakhir

### Pembagian Fungsi

Pada tahapan penguraian fungsi dilakukan pembagian fungsi keseluruhan kedalam beberapa fungsi bagian untuk dicari alternatif pemecahan masalah fungsi tersebut yang dibagi kedalam 4 fungsi bagian, yaitu:

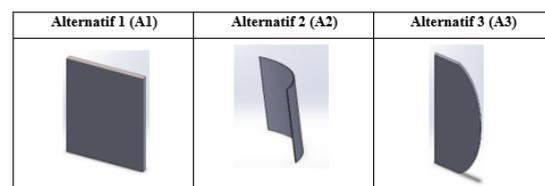
- 1) Dinding Pengarah
- 2) Pengatur Sudut,
- 3) Ekor Pengatur Arah Angin,
- 4) Struktur Rangka,



Gambar 3.1 Pembagian Fungsi

### Alternatif Pemecah Fungsi Bagian

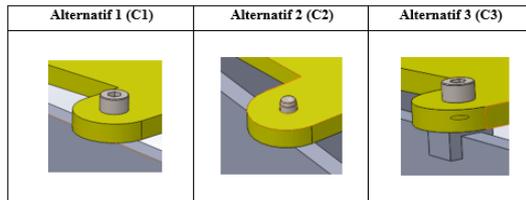
Pembahasan fungsi bagian ini merupakan pembahasan padakomponen-komponen pengarah sebagai pengarah angin.



Gambar 3.2 Alternatif dinding pengarah



Gambar 3.3 Alternatif Sambungan L



Gambar 3.4 Alternatif Pengunci Sudut

### Alternatif Fungsi Keseluruhan

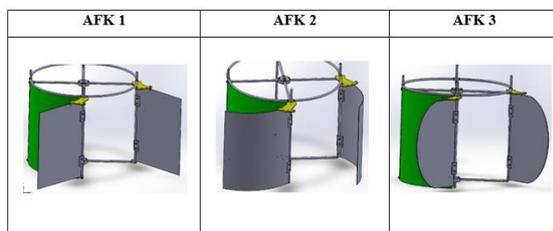
Dalam tahapan ini dicari pemecahan fungsi kombinasi dari alternatif-alternatif fungsi bagian diatas untuk mendapatkan fungsi keseluruhan yang sesuai dengan daftar tuntutan.

Tabel 3.3 Alternatif pemecah fungsi keseluruhan

No	Fungsi Bagian	Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Sistem Pengarah	A1	A2	A3
2	Struktur Rangka	B1	B2	B3
3	Sistem Pengunci	C1	C2	C3
	Alternatif Fungsi Keseluruhan	AFK 2	AFK 3	AFK 1

Berdasarkan tabel alternatif fungsi keseluruhan diatas, didapat tiga rumusan alternatif fungsi keseluruhan yang kemudian divisualisasikan dalam model 3D seperti sebagai berikut :

Tabel 3.4 Gambaran perbandingan Alternatif pemecah fungsi keseluruhan



### Pemilihan Alternatif Fungsi Keseluruhan

Dibawah ini adalah Matrix keputusan untuk menyeleksi alternatif mana yang akan dipilih sebagai alternatif yang paling optimal.

Tabel 3.5 keputusan Matrix (Pugh matrix)

Kriteria	Bobot	Konsep		
		AFK 1	AFK 2	AFK 3
Pencapaian Fungsi	4	+1	0	0
Perakitan	4	+1	0	+1
Perawatan	3	+1	+1	+1
Pembuatan	4	+1	-1	-1
Kekuatan	4	+1	+1	+1
<b>Jumlah +</b>		18	4	8
<b>Jumlah 0</b>		0	2	1
<b>Jumlah -</b>		0	1	1
<b>Nilai Akhir</b>		18	4	8
<b>Peringkat</b>		1	3	2
<b>Lanjutkan ?</b>		Ya	Tidak	Tidak

Dari tiga Alternatif Fungsi Keseluruhan (AFK1,AFK2 dan AFK3), Alternatif Fungsi Keseluruhan 1 lah yang dipilih. Alasannya karena memiliki sejumlah keunggulan dari AFK2 dan AFK3, yaitu:

- Mempunyai pencapaian fungsi yang lebih baik dibanding dengan yang lain.
- Lebih mudah dalam perakitan tidak memerlukan.
- Mudah dalam perawatan
- Mudah dalam pembuatan
- Dengan beban yang ada, AFK ini kuat konstruksinya.

### Fase Perancangan Tingkat Sistem

Fase Perancangan Tingkatan Sistem mencakup definisi arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen.

### Fase Perancangan Detail

Fase perancangan detail mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen unit pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok.

### Pengadaan Material

Dalam penyelesaian tugas akhir untuk pembuatan Pengarah Angin pada miniatur Turbin Angin Sumbu Vertikal diperlukan beberapa material. Adapun material yang digunakan adalah material standar dan material non standar.

### Fase Pembuatan Produk

#### Tahapan Proses Pengerjaan

Berikut adalah tahapan proses pengerjaan dari pengarah angin miniatur turbin angin sumbu vertikal :

Tabel 3.6 Tahapan Proses Pengerjaan Material Non Standar

Daftar Nama Bagian					
No	Nama Bagian	Proses Pengerjaan			
1	Housing bearing bawah	CT	TR	DR	QC
2	Sliding bearing	CT	TR		QC
3	L Join	CT	TR		QC
4	Engsel Dinding Pengarah		3DP		QC
5	Dinding pengarah angin	CT	DR		QC
6	Pengatur sudut	CT	LC		QC
7	Pipa lingkaran atas	CT	RL	CT	QC
8	Pipa tiang	CT	TR		QC
9	Pengunci pengatur sudut		3DP		QC
10	Pipa diagonal	CT	TR		QC
11	Housing atas	CT	TR	DR	QC
12	Penyambung pipa atas	CT	TR	DR	QC
13	Pipa tiang belakang	CT	TR		QC
14	Ekor pengatur arah angin		CT		QC
15	Engsel ekor pengarah		3DP		QC
16	Penutup jalur angin		CT		QC
17	Counterweight 1&2	CT	TR	DR	QC

Keterangan :

- CT : *Cutting*
- DR : *Drilling*
- TR : *Turning*
- RL : *Roll*
- LC : *Laser Cutting*
- 3DP : *3D Printing*
- QC : *Quality Control*

### Pengujian Dan Perbaikan

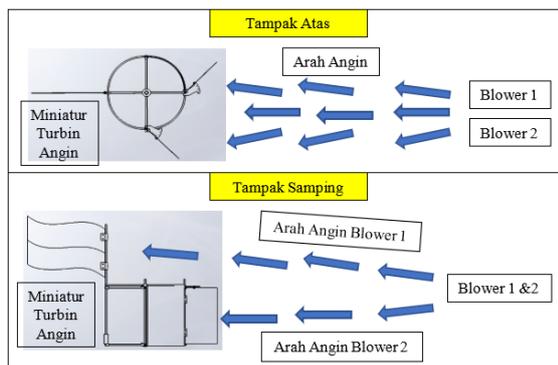
Fase pengujian dan perbaikan melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk. Prototipe diuji untuk menentukan apakah produk akan bekerja sesuai dengan apa yang direncanakan.

Peralatan yang digunakan

- a. Blower 3.5" 450W
- b. Anemometer
- c. Tcacho meter
- d. Volt Meter

Pengujian

Untuk lebih memperjelas prosedur pengujian, dibawah ini merupakan gambaran pengujian:



Gambar 3.5 Ilustrasi Pengujian

Variabel yang diukur

Dalam penelitian ini ada beberapa parameter yang diukur selama melakukan proses pengujian ini adalah :

1. Kecepatan Angin (m/s)
2. Putaran Turbin (rpm)
3. Tegangan yang dihasilkan (Volt)

Variabel yang dihitung

Untuk mendapatkan karakteristik dari turbin angin ada beberapa parameter yang harus diitung adalah :

1. Gaya dorong angin/Beban angin (N)
2. Gaya dorong angin terhadap Kekuatan konstruksi
3. Gaya dorong angin terhadap fungsi konstruksi

### Fase Peluncuran Produk

Pada fase produksi awal, produk dibuat dengan menggunakan sistem produksi yang sesungguhnya.

## 4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Pengujian

Terdapat 2 data pengujian sebelum dipasang pengarah angin, yaitu data pengujian dengan menggunakan 1 unit blower dan 2 unit blower. Berikut ini adalah data pengujian sebelum dipasang pengarah angin:

Tabel 4.1 Data pengujian turbin angin sebelum dipasang pengarah angin

Data Pengujian Turbin Angin Tanpa Pengarah Angin		
Panjang Lengan	0.183	m
Diameter	0.58	m
Sudut	120 , 50	°
Kec.Angin	3	m/s
Putaran	61.8	rpm
Tegangan Listrik	3.4	volt

Tabel 4.2 Data pengujian lanjut turbin angin sebelum dipasang pengarah angin

Data Pengujian Lanjut Turbin Angin Tanpa Pengarah Angin		
Panjang Lengan	0.183	m
Diameter	0.58	m
Sudut	120 , 50	°
Kec.Angin	3	m/s
Putaran	40.0	rpm
Tegangan Listrik	2.2	volt

Berikut ini adalah data pengujian setelah dipasang pengarah angin, blower yang digunakan adalah 2 unit.

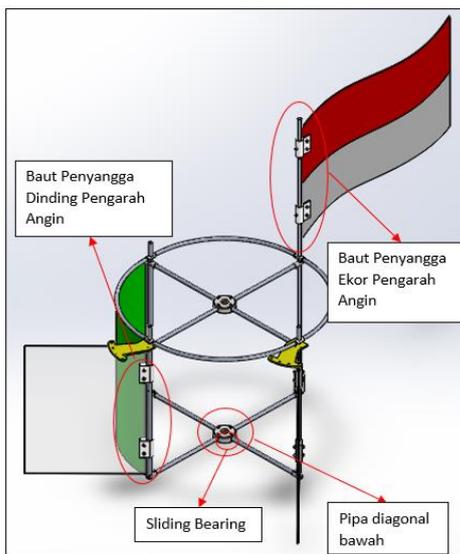
Tabel 4.3 Data pengujian dengan pengarah angin

No.	Sudut Bukaan Pengarah		Kecepatan Blade (Rpm)	Tegangan (V)
	Tengah (°)	Samping (°)		
1	45	0	108.4	5.96
2	45	15	106.7	5.87
3	45	30	120.4	6.62
4	45	45	124.5	6.85

Keterangan : ★ = Putaran kincir angin kurang stabil

### Analisis Konstruksi

Analisa kontruksi dilakukan pada elemen yang dianggap kritis. Berikut ini adalah beberapa elemen yang dianggap kritis:



Gambar 4.1 Bagian yang di anggap kritis

Perhitungan konstruksi:

$F = 36,5 \text{ N}$

$D = 12\text{mm}$   
 $d = 8\text{mm}$

Sy Aluminium = 200 N/mm<sup>2</sup>  
Beban yang diterima = 3724 gram

$M_b \text{ maks} = 36,5 \text{ N} \cdot 277,5\text{mm}$   
 $= 10128,75 \text{ Nmm}$

$W = m \cdot g$   
 $= 3,724\text{kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$   
 $= 36,5 \text{ N}$

$S_f = \frac{S_{sy}}{\tau_{maks}}$   
 $= \frac{100 \text{ N/mm}^2}{9 \text{ N/mm}^2}$   
 $= 11,1 \text{ (Aman)}$

### Analisis Perhitungan Angin Terhadap Konstruksi

#### 1. Tekanan Angin

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

$$= \frac{1,225 \text{ Kg/m}^3 \cdot 3^2}{2}$$

$$= 5,513 \text{ N/m}^2$$

#### 2. Gaya Dorong Angin

a. Gaya dorong dari bagian pengarah samping dengan sudut 45°

$$F = P \cdot A \cdot Cd$$

$$= 5,5125 \text{ N/m}^2 \cdot (0,161700 \text{ m}^2 \cdot \cos 45^\circ) \cdot 1,28$$

$$= 0,8068 \text{ N}$$

b. Gaya dorong dari bagian pengarah tengah dengan sudut 45°

$$F = P \cdot A \cdot Cd$$

$$= 5,5125 \text{ N/m}^2 \cdot (0,114339 \text{ m}^2 \cdot \cos 45^\circ) \cdot 1,28$$

$$= 0,8068 \text{ N}$$

#### 3. Torsi

a. Torsi Pengarah Tengah (T1)

$$T1 = r \cdot F$$

$$= 123,74 \text{ mm} \cdot 0,8086 \text{ N}$$

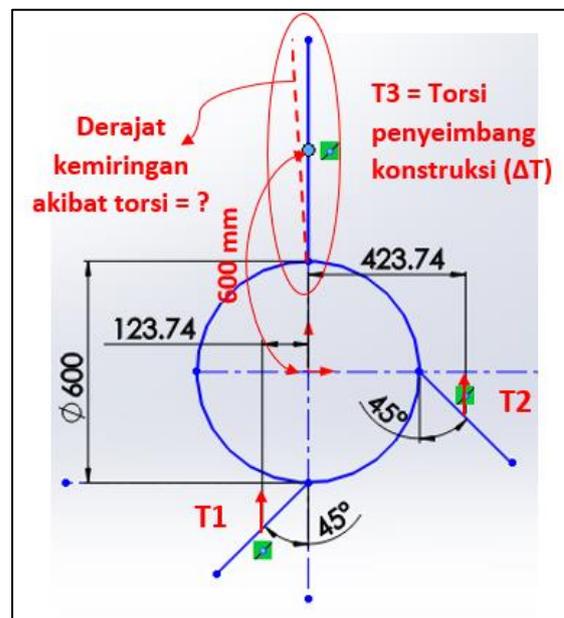
$$= 99,83 \text{ Nmm}$$

b. Torsi Pengarah Samping (T2)

$$T2 = r \cdot F$$

$$= 423,74 \text{ mm} \cdot 0,8086 \text{ N}$$

$$= 341,86 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.2 Geometri Perhitungan Angin

c. Selisih Torsi

$$\begin{aligned} \Delta T &= T_2 - T_1 \\ &= 341.86 - 99.83 \\ &= 242.03 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

d. Sudut Kemiringan Ekor Akibat Torsi

$$\begin{aligned} T_3 &= r \times F \\ 242 &= 600\text{mm} \times F \\ F &= 0.403 \text{ N} \\ F &= P \times A \times C_d \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.403 &= 5,5125 \text{ N/m}^2 \cdot (0,228945 \text{ m}^2 \cdot \sin x) \cdot 1,28 \cdot \\ \sin x &= 0.248 \\ x &= 14^\circ \end{aligned}$$

Kemiringan yang terjadi pada ekor pengarah belakang adalah  $14^\circ$

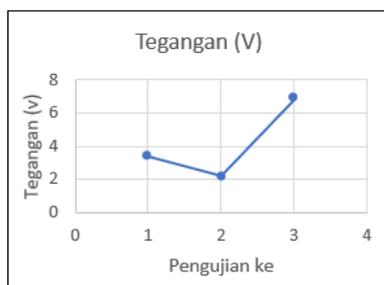
## Perbandingan Hasil Pengujian

Tabel 4.4 Perbandingan Hasil Pengujian

No	Jenis Pengujian	Hasil	
		Putaran (Rpm)	Tegangan Listrik (V)
1	Pengujian 1 Tanpa Pengarah Angin	61.8	3.4
2	Pengujian 2 Tanpa Pengarah Angin	40.0	2.2
3	Pengujian dengan Pengarah Angin	124.5	6.85



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil putaran kincir



Gambar 4.4 Grafik perbandingan hasil tegangan listrik

## 5. Simpulan

1. Proses rancang bangun pengarah angin mekanik berdasarkan 7 fase menurut Ulrich-Eppinger. Rancangan yang sudah ada dihitung kekuatannya baik dalam kondisi statis maupun dinamis. Rancangan tersebut dibuat melalui beberapa proses machining, lalu dilakukan proses perakitan dan pengujian.

2. Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan, pengarah angin mekanik yang telah dibuat dinyatakan kuat dan dapat berfungsi meningkatkan kecepatan putaran kincir angin turbin angin sumbu vertikal dengan kecepatan putaran 124.5 Rpm dan tegangan listrik 6.85 volt. Pengarah angin yang dibuat dapat meningkatkan putaran kincir angin dan tegangan listrik 2x lebih besar.

## 4.2 Saran

1. Pada penelitian lanjutan buatlah rancangan yang berbeda.
2. kombinasi sudut pengarah dibuat lebih variatif
3. Bagian penutup jalur angin diperbesar dari  $\frac{1}{4}$  lingkaran menjadi  $\frac{3}{4}$  lingkaran untuk mengurangi hambatan putaran kincir akibat turbulensi
4. Gunakan stabilizer tegangan listrik untuk mempermudah pengambilan data.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Nakhoda I Yusuf, Saleh Chorul. 2015. *Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel*. Malang : Institut Teknologi Nasional Malang
2. Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger. 2001. *Perancangan & Pengembangan Produk*. Jakarta: Salemba Teknika.
3. Pugh, Stuart. 1980. *Pugh Concept Selection*. Glasgow : University of Strathclyde
4. Daryanto, Y. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. Yogyakarta: Balai PPTAAG
5. POLMAN. *Ilmu Kekuatan Bahan*. Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
6. Suryadi, Albertus dan Mochammad Nur'aini. 1978. *Teknik Bengkel 1*. Bandung : Polyteknik Mekanik Swiss ITB.
7. Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
8. Whitney, Daniel E. 2004. *Mechanical Assemblies : Their Design, Manufacture, and Role in Product Development*. Oxford : Oxford University Press.
9. Cross Nigel. 2000. *Engineering Design Methods*. USA : Stanford University.