

BAB IV

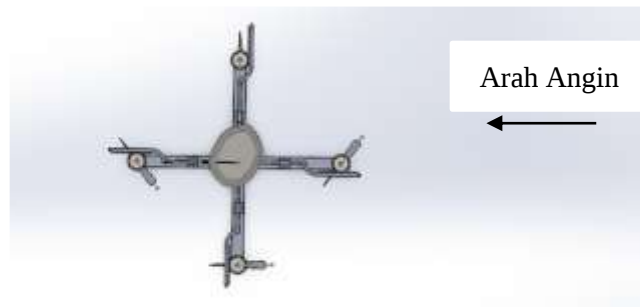
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi Motion study

Berikut ini adalah hasil simulasi *motion study* pada turbin angin vertikal dengan *cam, rack and pinion mechanism* sebagai pengatur bilah turbin angin sumbu vertikal dengan variasi sudut *azimuth* per 10 derajat.

4.1.1 Pada sudut 0 derajat

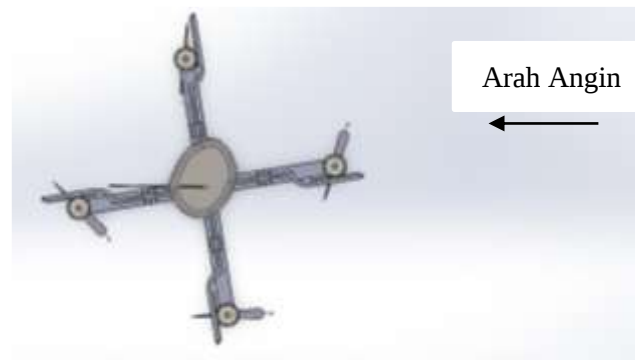
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada Gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.1 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 0 derajat.

4.1.2 Pada sudut 10 derajat

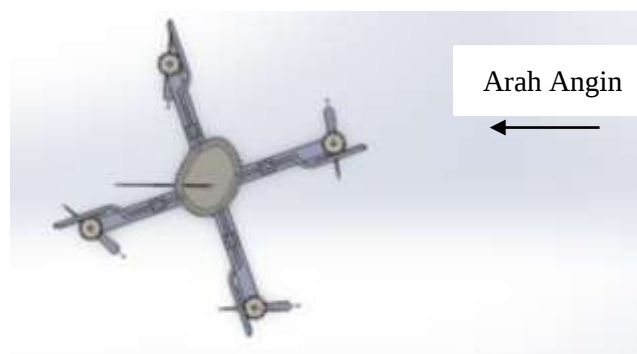
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada Gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.2 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 10 derajat.

4.1.3 Pada sudut 20 derajat

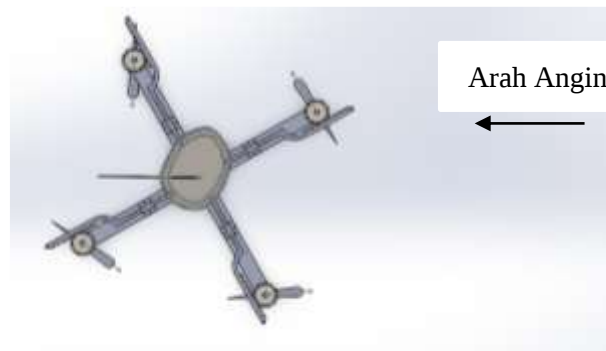
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada Gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.3 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 20 derajat.

4.1.4 Pada sudut 30 derajat

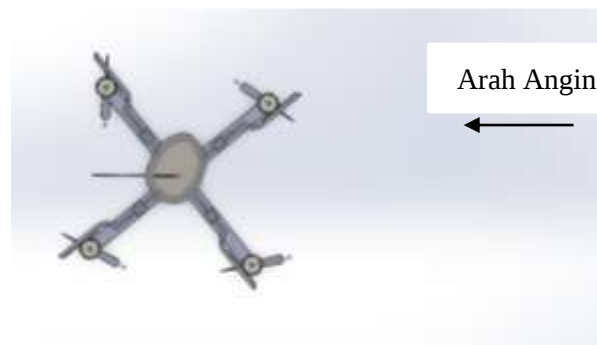
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.4 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 30 derajat.

4.1.5 Pada sudut 40 derajat

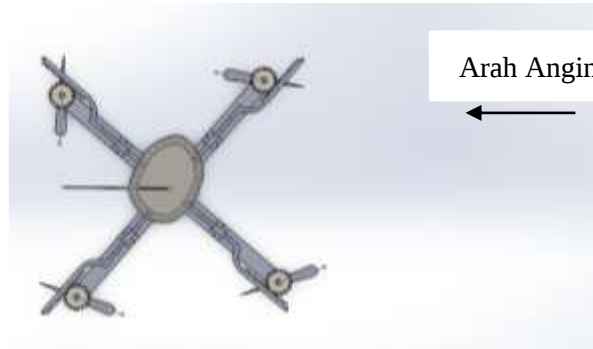
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.5 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 40 derajat.

4.1.6 Pada sudut 50 derajat

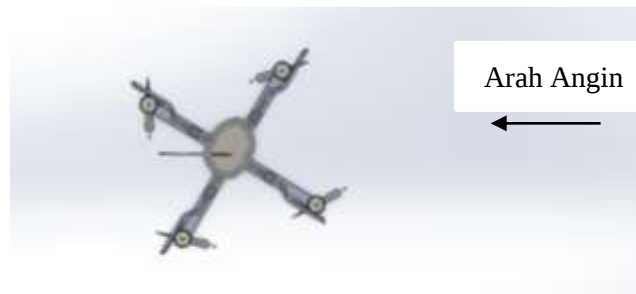
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.6 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 50 derajat.

4.1.7 Pada sudut 60 derajat

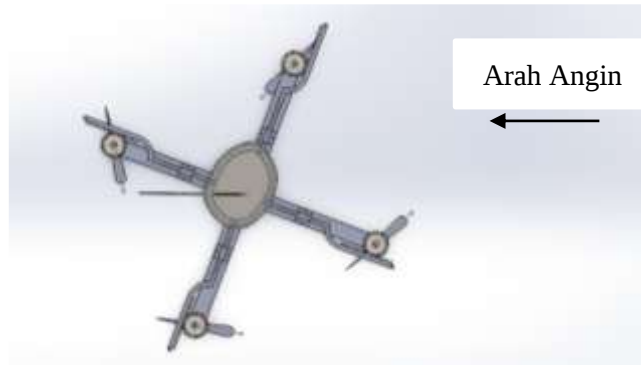
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.7 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 60 derajat.

4.1.8 Pada sudut 70 derajat

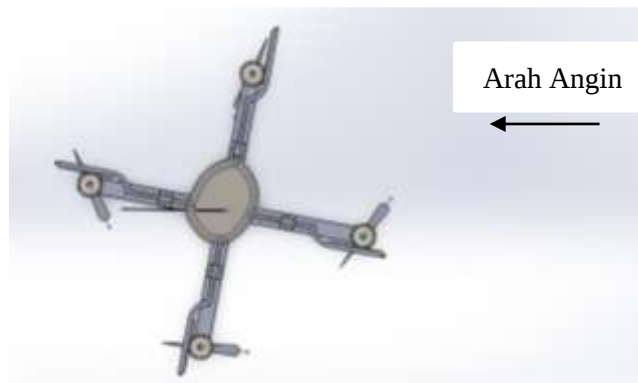
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.8 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 70 derajat.

4.1.9 Pada sudut 80 derajat

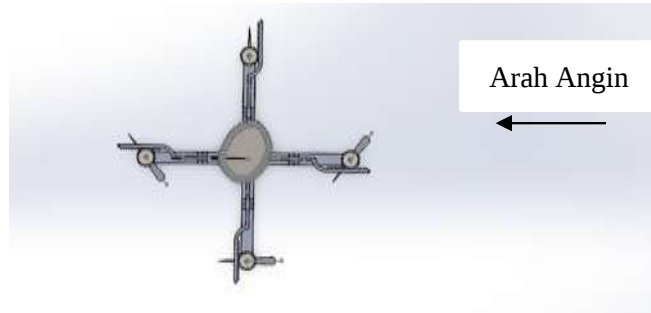
Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.19 dibawah ini.



Gambar 4.9 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 80 derajat.

4.1.10 Pada sudut 90 derajat

Setelah melakukan proses simulasi *motion study* sesuai dengan pengaturan di atas maka didapatkan hasil bentuk gerakan mekanisme *cam rack* dan *pinion* mengatur bilah turbin angin seperti pada gambar 4.20.



Gambar 4.10 Hasil simulasi *motion study* pada posisi 90 derajat.

4.3 Data Hasil Pengujian

Berikut ini adalah data yang didapatkan dalam proses pengujian turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif.

Tabel 4.1 Hasil pengujian turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif.

No	Kecepatan Angin	Gaya	Panjang titik pengukuran	Putaran
1	1 m/s	0 N	42 mm	0 Rpm
2	2 m/s	0 N	42 mm	0 Rpm
3	3 m/s	2,2 N	42 mm	33,5 Rpm
4	3,2 m/s	2,6 N	42 mm	21,6 Rpm
5	3,4 m/s	2,8 N	42 mm	25,6 Rpm
6	3,7 m/s	3 N	42 mm	33,5 Rpm

4.3 Pengolahan Data

Untuk mendapatkan koefisien daya turbin angin sumbu vertikal di lakukan dengan kalkulasi menggunakan rumus sebagai berikut :

4.3.1 Luas Penampang

$$A = t \times b \dots\dots\dots 4.1$$

Dimana :

A = Luas penampang sapuan (m^2).

t = Panjang bilah (m).

b = Lebar setelah dilengkungkan (m).

Jika diketahui $t = 400$ mm dan $b = 150$ mm maka dengan rumus 4.1 dapat diketahui luas penampang bilah atau sudu turbin yang di rancang adalah $93,23 \text{ mm}^2$ jika dikonversikan ke m^2 adalah $0,0933 \text{ m}^2$.

4.3.2 Daya Angin

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :

P_a = Daya angin (watt).

ρ = Densitas udara ($1,2 \text{ kg/ m}^3$).

A = Luas penampang turbin (m^2).

v = Kecepatan udara (m/s).

Jika diketahui $\rho = 1,2 \text{ kg/ m}^3$, $A = 0,0933 \text{ m}^2$, dan $v = 3 \text{ m/s}$ maka dengan rumus 4.2 hasil diperoleh daya angin sama dengan $1,51 \text{ watt}$.

Jika diketahui $\rho = 1,2 \text{ kg/ m}^3$, $A = 0,0933 \text{ m}^2$, dan $v = 3,2 \text{ m/s}$ maka dengan rumus 4.2 hasil diperoleh daya angin sama dengan $1,83 \text{ watt}$.

Jika diketahui $\rho = 1,2 \text{ kg/ m}^3$, $A = 0,0933 \text{ m}^2$, dan $v = 3,4 \text{ m/s}$ maka dengan rumus 4.2 hasil diperoleh daya angin sama dengan $2,2 \text{ watt}$.

Jika diketahui $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, $A = 0,0933 \text{ m}^2$, dan $v = 3,7 \text{ m/s}$ maka dengan rumus 4.2 hasil diperoleh daya angin sama dengan 2,84 watt

4.3.3 Kecepatan Sudut

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \dots\dots\dots 4.2$$

Dimana :

ω = kecepatan sudut (rad/s).

n = kecepatan rotor (rpm).

Jika diketahui $n = 17,6 \text{ rpm}$ maka dengan rumus 4.3 hasilnya diperoleh kecepatan sudut adalah 1,842133 rad/s.

Jika diketahui $n = 21,6 \text{ rpm}$ maka dengan rumus 4.3 hasilnya diperoleh kecepatan sudut adalah 2,2608 rad/s.

Jika diketahui $n = 25,6 \text{ rpm}$ maka dengan rumus 4.3 hasilnya diperoleh kecepatan sudut adalah 2,679467 rad/s.

Jika diketahui $n = 33,5 \text{ rpm}$ maka dengan rumus 4.3 hasilnya diperoleh kecepatan sudut adalah 3,506333 rad/s.

4.3.4 Torsi

$$T = F \times r \dots\dots\dots 4.4$$

Dimana :

F = Gaya (N).

R = jari-jari puli (m).

Setelah diketahui $F = 2,2 \text{ N}$ dan $r = 0,042 \text{ m}$ maka dengan rumus 4.4 maka hasilnya $0,0924 \text{ Nm}$.

Setelah diketahui $F = 2,6 \text{ N}$ dan $r = 0,042 \text{ m}$ maka dengan rumus 4.4 maka hasilnya $0,1092 \text{ Nm}$.

Setelah diketahui $F = 2,8 \text{ N}$ dan $r = 0,042 \text{ m}$ maka dengan rumus 4.4 maka hasilnya $0,1176 \text{ Nm}$.

Setelah diketahui $F = 3 \text{ N}$ dan $r = 0,042 \text{ m}$ maka dengan rumus 4.4 maka hasilnya $0,126 \text{ Nm}$.

4.3.5 Daya Turbin

$$P_t = T \omega \dots\dots\dots 4.6$$

Dimana:

P_t = Daya yang dihasilkan turbin (watt).

T = Torsi (Nm).

ω = Kecepatan sudut (rad/s).

Jika diketahui $T = 0,0924 \text{ Nm}$, $\omega = 1,842133 \text{ rad/s}$ maka dengan rumus

4.6 hasilnya daya yang dihasilkan turbin adalah 0,170213 watt.

Jika diketahui $T = 0,1092 \text{ Nm}$, $\omega = 2,2608 \text{ rad/s}$ maka dengan rumus

4.6 hasilnya daya yang dihasilkan turbin adalah 0,246879 watt.

Jika diketahui $T = 0,1176 \text{ Nm}$, $\omega = 2,679467 \text{ rad/s}$ maka dengan rumus

4.6 hasilnya daya yang dihasilkan turbin adalah 0,315105 watt.

Jika diketahui $T = 0,126 \text{ Nm}$, $\omega = 3,506333 \text{ rad/s}$ maka dengan rumus

4.6 hasilnya daya yang dihasilkan turbin adalah 0,441798 watt

4.3.6 Koefisien Daya

$$C_p = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \dots\dots\dots 4.7$$

Dimana:

C_p = Koefisien daya.

P_a = Daya angin (Watt) .

P_t = Daya Turbin (Watt).

Jika diketahui $P_t = 0,17021312 \text{ watt}$, $P_a = 1,51 \text{ watt}$ maka dengan rumus 4.7 maka hasilnya koefisiensi daya turbin adalah 0,11.

Jika diketahui $P_t = 0,24687936 \text{ watt}$, $P_a = 1,83 \text{ watt}$ maka dengan rumus

4.7 maka hasilnya koefisiensi daya turbin adalah 0,13.

Jika diketahui $P_t = 0,31510528$ watt, $P_a = 2,2$ watt maka dengan rumus 4.7 maka hasilnya koefisiensi daya turbin adalah 0,14.

Jika diketahui $P_t = 0,441798$ watt, $P_a = 2,84$ watt maka dengan rumus 4.7 maka hasilnya koefisiensi daya turbin adalah 0,16.

4.4 Hasil Analisis Data

Berdasarkan analisis data yang didapat diketahui hubungan antara kecepatan angin dengan torsi, kecepatan angin dengan putaran turbin dan kecepatan angin dengan koefisien daya turbin. Berikut ini pembahasan mengenai hubungan dari analisis data :

4.4.1 Hubungan antara Kecepatan Angin dengan Torsi

Berikut ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan torsi yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif dalam proses pengujian :



Gambar 4.11 Grafik hubungan antara kecepatan angin dengan torsi.

Berdasarkan Gambar 4.11 grafik hubungan antara kecepatan angin dengan torsi didapat kesimpulan semakin tinggi kecepatan angin maka torsi yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif akan semakin tinggi.

4.4.2 Hubungan antara Kecepatan Angin dengan Putaran

Berikut ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan putaran yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif dalam proses pengujian :

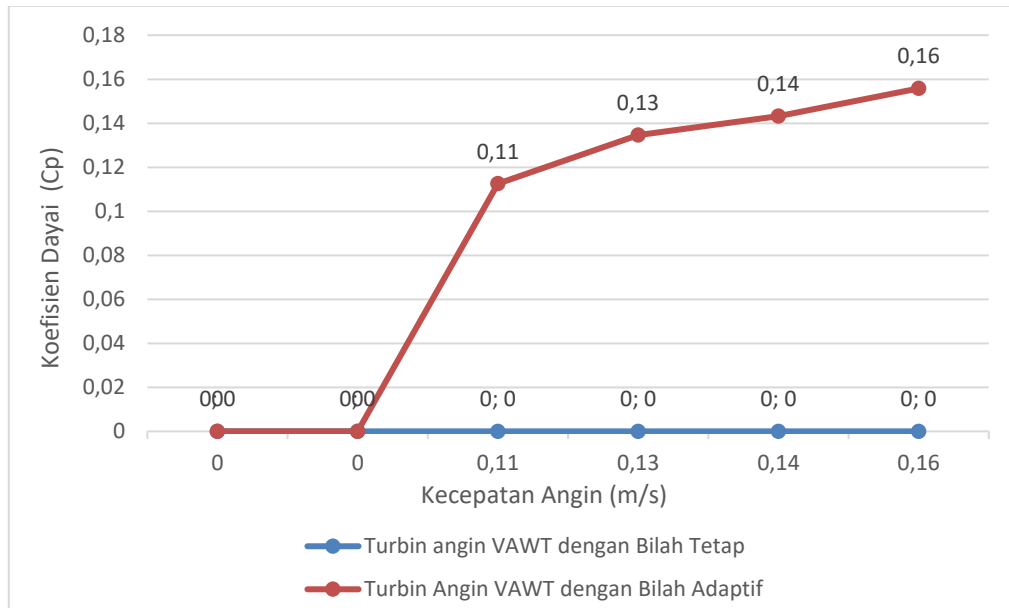


Gambar 4.12 Grafik hubungan antara kecepatan angin dengan putaran turbin angin.

Berdasarkan Gambar 4.12 grafik hubungan antara kecepatan angin dengan torsi didapat kesimpulan semakin tinggi kecepatan angin maka putaran yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif akan semakin tinggi.

4.4.3 Hubungan antara Kecepatan Angin dengan Koefisien Daya

Berikut ini adalah grafik hubungan antara kecepatan angin dengan koefisien daya yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif dalam proses pengujian :



Gambar 4.13 Grafik hubungan antara kecepatan angin dengan koefisien daya.

Berdasarkan Gambar 4.13 grafik hubungan antara kecepatan angin dengan torsi didapat kesimpulan semakin tinggi kecepatan angin maka koefisien daya yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal dengan bilah adaptif akan semakin tinggi.

4.5 Pambahasan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, koefisien daya yang dihasilkan turbin angin sumbu vertikal 4 bilah dengan mekanisme pengatur sudut bilah *cam-rack-pinion* lebih besar jika dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal 4 bilah dengan mekanisme pengatur sudut bilah menggunakan motor servo. Koefisien daya (C_p) yang didapat turbin angin sumbu vertikal 4 bilah dengan mekanisme pengatur sudut bilah *cam-rack-pinion* yaitu 0,11 pada kecepatan angin 3 m/s, 0,13 pada kecepatan angin 3,2 m/s, 0,14 pada kecepatan angin 3,4 m/s, dan 0,16 pada kecepatan angin 3,7 m/s. Sedangkan pada turbin angin sumbu vertikal 4 bilah dengan mekanisme pengatur sudut bilah menggunakan motor servo yang dilakukan

penelitian oleh Zhang et al. (2015) menghasilkan koefisien daya (cp) 0,16.

Akan tetapi turbin angin sumbu vertikal dengan bilah tetap tidak dapat berputar jika daya angin yang di hembuskan tepat di depan turbin, sementara dengan penggunaan pengatur sudut bilah yaitu *cam-rack-pinion* akan dapat berputar walaupun membutuhkan angin daya yang lebih besar yaitu minimal 3 m/s.