

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 DATA EKSPERIMEN

4.1.1 Data Hasil Eksperimen

Secara umum, turbin di desain fleksibel/modular untuk mempermudah penggantian komponen khususnya pada bagian *housing* turbin. Pada penelitian ini pengambilan data dilakukan dengan perbedaan konfigurasi sudut *nozzle* 10° , 20° dan 30° dengan 3 kali percobaan untuk masing-masing sudut *nozzle* kemudian diambil nilai rata-ratanya. Kecepatan Putaran Turbin diukur menggunakan *Hand Tachometer* sedangkan untuk Nilai Efisiensi dan Daya akan dihitung secara teoritis.

A. Sudut *Nozzle* 10°

Tabel 4.1 Data Percobaan dengan Sudut 10°

Putaran Turbin (RPM)	Efisiensi (%)	Daya Turbin (Watt)
54	0,149	0,144
53,9	0,148	0,143
52,4	0,144	0,135
Nilai Rata-Rata:		
53,43	0,147	0,140

Gambar 4.1 Pengujian *Sudut* 10°

Sumber: Dokumentasi Pribadi

B. *Sudut Nozzle* 20°Tabel 4.2 Data Percobaan dengan *Sudut* 20°

Putaran Turbin (RPM)	η Efisiensi (%)	Daya Turbin (Watt)
42,9	0,118	0,091
42,6	0,117	0,089
40,2	0,111	0,079
Nilai Rata-Rata:		
41,9	0,115	0,086

Gambar 4.2 Pengujian *Sudut* 20°

Sumber: Dokumentasi Pribadi

C. Sudut *Nozzle* 30°

Tabell 4.3 Data Percobaan dengan Sudut 30°

Putaran Turbin (RPM)	η Efisiensi (%)	Daya Turbin (Watt)
39,7	0,109	0,077
37,8	0,104	0,070
36,4	0,100	0,065
Nilai Rata-Rata:		
37,96	0,104	0,0706

Gambar 4.3 Pengujian Sudut 30°

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.1.2 Perhitungan Hasil Eksperimen

A. *Nozzle Arrangement* dan *Force*

Untuk mendapatkan nilai *Force*, maka terlebih dahulu berturut-turut dihitung Luas Penampang (A) dan *Velocity* (V) untuk masing-masing inlet dan outlet. Kemudian untuk *Pressure* pada *outlet* (P2) dihitung menggunakan persamaan Bernoulli.

- a. Perhitungan Area *Nozzle Inlet* (A1)

$$A = \pi \times r^2 \text{ atau } A = d^2 \times 0,7854$$

$$A = 7^2 \text{ mm}^2 \times 0,7854$$

$$A = 38 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,000038 \text{ m}^2$$

Dimana:

A = Luas Penampang (m^2)

d = Diameter *Inlet* (m)

π = Bilangan Ludolph (3,14)

- b. Perhitungan Area *Nozzle Outlet* (A2)

$$A = P \times L$$

$$A = 0,5 \text{ mm}^2 \times 27 \text{ mm}^2$$

$$A = 13 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,000013 \text{ m}^2$$

Dimana:

A = Luas Penampang (m^2)

P = Panjang Penampang (m)

L = Lebar Penampang (m)

- c. Perhitungan *Velocity* pada V1

$$V1 = Q/A1$$

$$V1 = 0,000066 \text{ m}^3/\text{s} / 0,000038 \text{ m}^2$$

$$V1 = 1,73 \text{ m/s}$$

Dimana:

Q = *Flowrate* (m^3/s)

A1 = Luas Penampang *Inlet* (m^2)

V1 = *Inlet Velocity* (m/s)

- d. Perhitungan *Velocity* pada V2

$$V2 = Q/A2$$

$$V2 = 0,000066 \text{ m}^3/\text{s} / 0.000013 \text{ m}^2$$

$$V2 = 5,07 \text{ m/s}$$

Dimana:

$$Q = \text{Flowrate (m}^3/\text{s)}$$

$$A2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2\text{)}$$

$$V2 = \text{Outlet Velocity (m/s)}$$

- e. Perhitungan *Pressure Nozzle P2*
Ditentukan $P1$ adalah 5 Psi =
34474 N/m²

$$\frac{P1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 = \frac{P2}{\rho g} + \frac{V2^2}{2g} + Z2$$

$Z1 = Z2 =$ Pada elevasi yang sama

$$P2 = \left(\frac{P1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} \right) - \left(\frac{V2^2}{2g} \right) / \rho g$$

$$P2 = \left(\left(\frac{34474}{9810} + \frac{1,73^2}{19,62} \right) - \left(\frac{5,07^2}{19,62} \right) \right) \times 9810$$

$$P2 = 23118 \text{ N/m}^2$$

Dimana:

$$Q = \text{Flowrate (m}^3/\text{s)}$$

$$A1 = \text{Luas Penampang Inlet (m}^2\text{)}$$

$$A2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2\text{)}$$

$$V1 = \text{Inlet Velocity (m/s)}$$

$$V2 = \text{Outlet Velocity (m/s)}$$

$$P1 = \text{Inlet Pressure (N/m}^2\text{)}$$

$$P2 = \text{Outlet Pressure (N/m}^2\text{)}$$

$$\rho = \text{Density Fluida (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{Percepatan Gravitasi (m/s}^2\text{)}$$

$$Z = \text{Ketinggian Level Fluida (m)}$$

- f. Perhitungan *Force* pada Ketebalan Disk

$$F = P_2 \times A_2$$

$$F = 23118 \text{ N/m}^2 \times 0.000013 \text{ m}^2$$

$$F = 0,30 \text{ N}$$

Dimana:

F = Gaya bekerja pada disk (N)

P_2 = *Outlet Pressure* (N/m²)

A_2 = Luas Penampang *Outlet* (m²)

- g. Perhitungan *Angular Velocity*

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3,14 \times 54}{60}$$

$$\omega = 5,65 \text{ Rad/s}$$

Dimana:

ω = *Angular velocity* (rad/s)

N = Putaran (RPM)

- h. Perhitungan Torsi

$$T = 19 \cdot F \times R_{ave}$$

$$T = 19 \times 0,30 \text{ N} \times \left(\frac{0,0475 \text{ m} + 0,0125 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T = 0,171 \text{ N.m}$$

Dimana:

T = Torsi Turbin (N.m)

F = Gaya bekerja pada disk (N)

R_{ave} = Radius Disk *Average* (m)

- i. Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{T \times \omega}{ghQ\rho}$$

$$\eta = \frac{0,171 \text{ N.m} \times 5,65 \text{ rad/s}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 10 \text{ m} \times 0,000066 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000}$$

$$\eta = 0,149$$

Dimana:

η = Efisiensi

T = Torsi Turbin (N.m)

ω = *Angular velocity* (rad/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s^2)

h = *Head* (m)

Q = *Flowrate* (m^3/s)

ρ = *Density Fluida* (kg/m^3)

j. Perhitungan Daya

$$P = \eta T \omega$$

$$P = 0,149 \times 0,171 \times 5,65$$

$$P = 0,144 \text{ Watt}$$

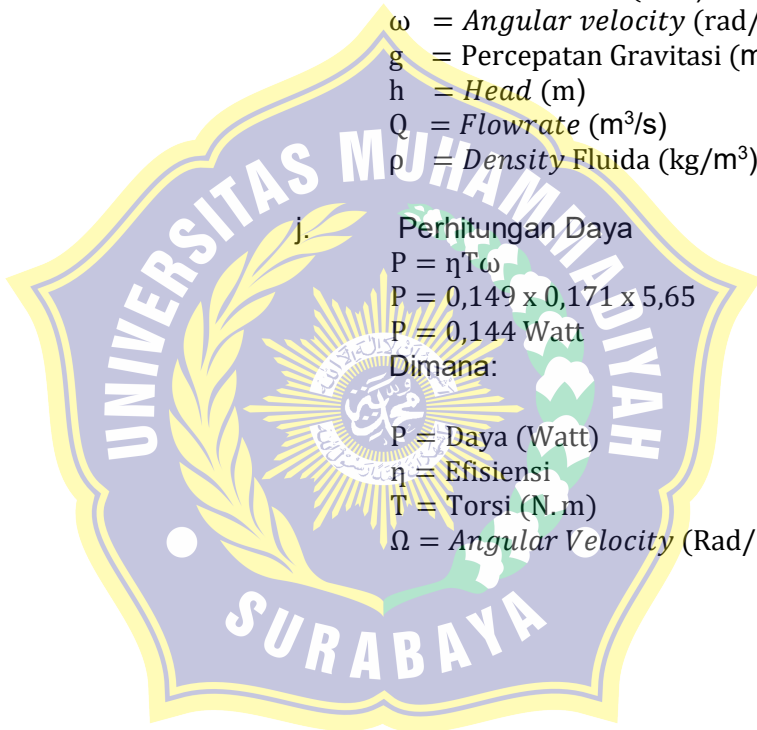
Dimana:

P = Daya (Watt)

η = Efisiensi

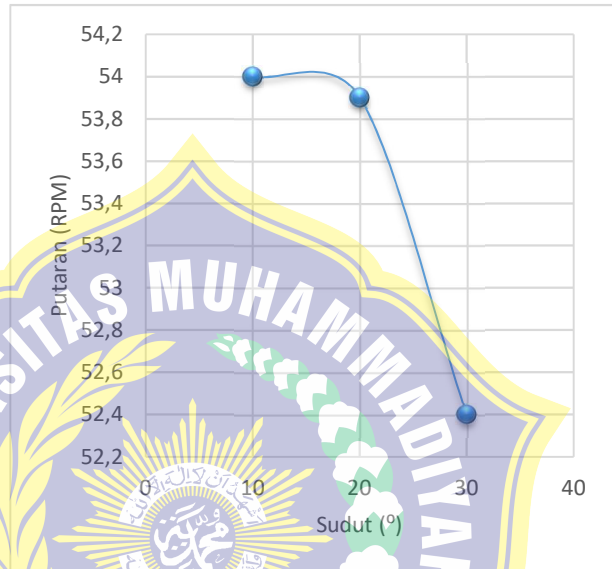
T = Torsi (N.m)

Ω = *Angular Velocity* (Rad/s)



4.1.3 Grafik dan Pembahasan Hasil Eksperimen

A. Grafik Hubungan Sudut dan Putaran Eksperimen

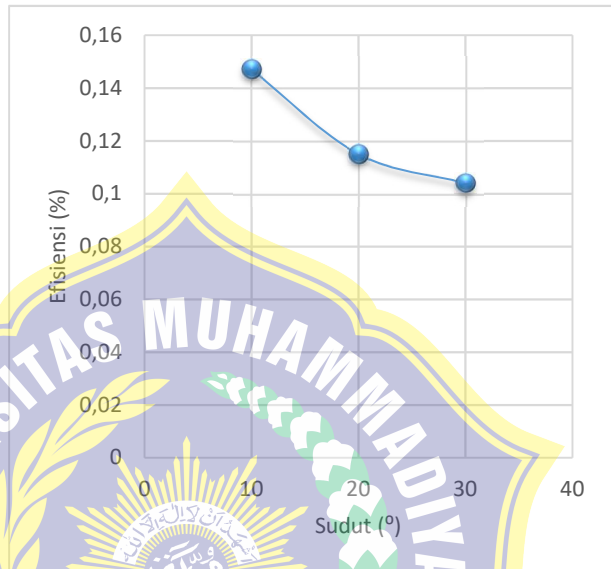


Gambar 4.4 Sudut dan Putaran Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.4, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U) sehingga semakin rendah sudutnya maka *velocity* pada disk akan semakin tinggi sehingga putaran juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki putaran lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan rata-rata 53,43 RPM.

B. Grafik Hubungan Sudut dan Efisiensi Esperimen

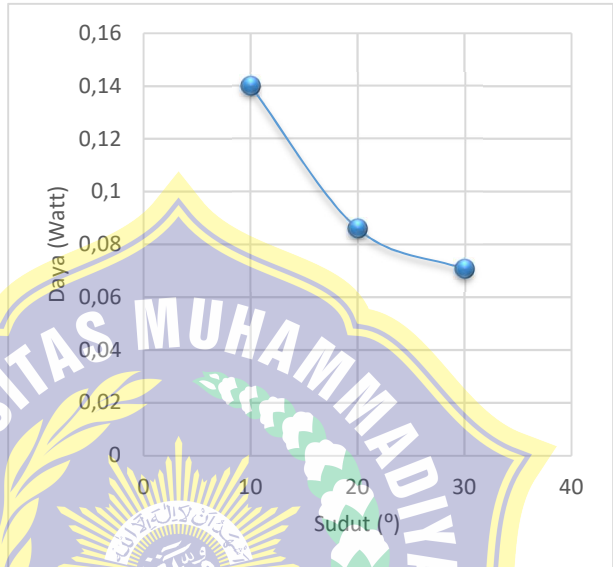


Gambar 4.5 Sudut dan Efisiensi Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.5, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U), disk *velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* semakin tinggi dan efisiensi juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan rata-rata 0,147 %.

C. Grafik Hubungan Sudut dan Daya Eksperimen



Gambar 4.6 Sudut dan Daya Eksperimen

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.6, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan *disk velocity* (U), *disk velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* dan efisiensi semakin tinggi dan daya juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki daya lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan rata-rata 0,140 Watt.

4.2 DATA TEORITIS

4.2.1 Data Hasil Perhitungan Teoritis

A. *Nozzle Arrangement* dan *Force*

Untuk mendapatkan nilai *Force*, maka terlebih dahulu berturut-turut dihitung Luas Penampang (A) dan *Velocity* (V) untuk masing-masing *inlet* dan *outlet*. Kemudian untuk *Pressure* pada *outlet* (P2) dihitung menggunakan persamaan Bernoulli.

a. Perhitungan Area *Nozzle Inlet* (A1)

$$A = \pi \times r^2 \text{ atau } A = d^2 \times 0,7854$$

$$A = 7^2 \text{ mm}^2 \times 0,7854$$

$$A = 38 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,000038 \text{ m}^2$$

Dimana:

A = Luas Penampang (m²)

d = Diameter *Inlet* (m)

π = Bilangan Ludolph (3,14)

b. Perhitungan Area *Nozzle Outlet* (A2)

$$A = P \times L$$

$$A = 0,5 \text{ mm}^2 \times 27 \text{ mm}^2$$

$$A = 13 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,000013 \text{ m}^2$$

Dimana:

A = Luas Penampang (m²)

P = Panjang Penampang (m)

L = Lebar Penampang (m)

c. Perhitungan *Velocity* pada V1

$$V1 = Q/A1$$

$$V1 = 0,000066 \text{ m}^3/\text{s} / 0,000038 \text{ m}^2$$

$$V1 = 1,73 \text{ m/s}$$

Dimana:

$$Q = \text{Flowrate (m}^3/\text{s)}$$

$$A1 = \text{Luas Penampang Inlet (m}^2)$$

$$V1 = \text{Inlet Velocity (m/s)}$$

d. Perhitungan *Velocity* pada V2

$$V2 = Q/A2$$

$$V2 = 0,000066 \text{ m}^3/\text{s} / 0,000013 \text{ m}^2$$

$$V2 = 5,07 \text{ m/s}$$

Dimana:

$$Q = \text{Flowrate (m}^3/\text{s)}$$

$$A2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2)$$

$$V2 = \text{Outlet Velocity (m/s)}$$

e. Perhitungan *Pressure Nozzle* P2

Ditentukan P1 adalah 5 Psi = 34474 N/m²

$$\frac{P1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} + Z1 = \frac{P2}{\rho g} + \frac{V2^2}{2g} + Z2$$

Z1 = Z2 = Pada elevasi yang sama

$$P2 = \left(\frac{P1}{\rho g} + \frac{V1^2}{2g} \right) - \left(\frac{V2^2}{2g} \right) / \rho g$$

$$P2 = \left(\left(\frac{34474}{9810} + \frac{1,73^2}{19,62} \right) - \left(\frac{5,07^2}{19,62} \right) \right) \times 9810$$

$$P2 = 23118 \text{ N/m}^2$$

Dimana:

$Q = \text{Flowrate (m}^3/\text{s)}$

$A_1 = \text{Luas Penampang Inlet (m}^2)$

$A_2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2)$

$V_1 = \text{Inlet Velocity (m/s)}$

$V_2 = \text{Outlet Velocity (m/s)}$

$P_1 = \text{Inlet Pressure (N/m}^2)$

$P_2 = \text{Outlet Pressure (N/m}^2)$

$\rho = \text{Density Fluida (kg/m}^3)$

$g = \text{Percepatan Gravitasi (m/s}^2)$

$Z = \text{Ketinggian Level Fluida (m)}$

f. Perhitungan *Force* pada Ketebalan Disk

$$F = P_2 \times A_2$$

$$F = 23118 \text{ N/m}^2 \times 0.000013 \text{ m}^2$$

$$F = 0,30 \text{ N}$$

Dimana:

$F = \text{Gaya bekerja pada disk (N)}$

$P_2 = \text{Outlet Pressure (kg/m}^2)$

$A_2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2)$

● B. Putaran, Torsi, Daya & Efisiensi Pada Sudut 10°

a. Perhitungan Disk *Velocity*

$$F = \rho \times A (V - U)^2 \times \cos \emptyset$$

$$(V - U)^2 = F / \rho \times A \times \cos \emptyset$$

$$(V - U)^2 = 0,30 \text{ N} / (1000 \text{ kg/m}^3 \times 0.000013 \text{ m}^2 \times 0,98)$$

$$(V - U)^2 = 23,54 \text{ m/s}$$

$$(V - U) = 4,85 \text{ m/s}$$

$$(U) = 5,07 \text{ m/s} - 4,85 \text{ m/s}$$

$$(U) = 0,22 \text{ m/s}$$

Dimana:

$F = \text{Gaya bekerja pada disk (N)}$

$P_2 = \text{Outlet Pressure (kg/m}^2\text{)}$

$A_2 = \text{Luas Penampang Outlet (m}^2\text{)}$

$\rho = \text{Density Fluida (kg/m}^3\text{)}$

$V_2 = \text{Outlet Velocity (m/s)}$

$U = \text{Disk Velocity (m/s)}$

$\text{Cos } \phi = \text{Angle of Attack (}^\circ\text{)}$

b. Perhitungan momen *Inertia*

$$I_{\text{Shaft}} = M \times R^2$$

Diketahui bahwa massa dari *shaft* adalah = 0,017 Kg, Radius *shaft* adalah 5,95 mm/ 0,00595 m sehingga:

$$I_{\text{Shaft}} = 0,017 \times 0,00595^2$$

$$I_{\text{Shaft}} = 0,000000601 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{\text{Shaft}} = 0,00000589 \text{ N.m}^2$$

$$I_{\text{Disk}} = \frac{1}{2} M d \times (a^2 + b^2)$$

Diketahui bahwa massa dari disk adalah = 0,009 Kg, *Inner Radius* disk 12,5 mm/ 0,0125 m dan *Outer Radius* 47,5 mm/ 0,0475 m sehingga:

$$I_{\text{Disk}} = \frac{1}{2} 0,009 \times (0,0125^2 + 0,0475^2)$$

$$I_{\text{Disk}} = 0,0000108 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_{\text{Disk}} = 0,000105 \text{ N.m}^2$$

Total Momen *Inertia* 19 keping disk

$$I_{\text{Disk}} = 0,000105 \text{ N.m}^2 \times 19$$

$$I_{\text{Disk}} = 0,00199 \text{ N.m}^2$$

Jadi Momen *Inertia* pada *shaft* dan disk adalah:

$$I = I_{\text{Shaft}} + I_{\text{Disk}}$$

$$I = 0,00000589 \text{ N.m}^2 + 0,00199 \text{ N.m}^2$$

$$I = 0,002 \text{ N.m}^2$$

Dimana:

I_{shaft} = Momen Inersia *shaft* (kg.m^2)

I_{disk} = Momen Inersia disk (kg.m^2)

M = Massa *Shaft* (kg)

M_d = Massa Disk (kg)

a = *Inner* radius Disk (m)

b = *Outer* radius Disk (m)

ω = *Angular velocity* (rad/s)

R = *Outer* radius Disk (m)

U = Disk *Velocity* (m/s)

I = Momen Inersia Total (kg.m^2)

c. Perhitungan Putaran

$$L = I \times \omega$$

$$L = m \times r \times U$$

$$\omega = mrU / I$$

$$\omega = 1,672 \text{ N} \times 0,0475 \text{ m} \times 0,22 \text{ m/s} / 0,002 \text{ N.m}^2$$

$$\omega = 8,73 \text{ rad/s}$$

Dimana, $\omega = 2\pi N / 60$

$$N = \omega \times 60 / 2\pi$$

$$N = 8,73 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \times 60 / 6,28$$

$$N = 83 \text{ RPM}$$

Dimana:

m = Massa Disk (N)

ω = *Angular velocity* (rad/s)

r = *Outer* radius Disk (m)

U = Disk *Velocity* (m/s)

I = Momen Inersia Total (kg.m^2)

N = Putaran (RPM)

d. Perhitungan Torsi

$$T = 19 \cdot F \times R_{ave}$$

$$T = 19 \times 0,30 \text{ N} \times \left(\frac{0,0475 \text{ m} + 0,0125 \text{ m}}{2} \right)$$

$$T = 0,171 \text{ N.m}$$

Dimana:

T = Torsi Turbin (N.m)

F = Gaya bekerja pada disk (N)

R_{ave} = Radius Disk Average (m)

e. Perhitungan Efisiensi

$$\eta = \frac{T \times \omega}{ghQ\rho}$$

$$\eta = \frac{0,171 \text{ N.m} \times 8,73 \text{ rad/s}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 10 \text{ m} \times 0,000066 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1000}$$

$$\eta = 0,23$$

Dimana:

η = Efisiensi

T = Torsi Turbin (N.m)

ω = Angular velocity (rad/s)

g = Percepatan Gravitasi (m/s²)

h = Head (m)

Q = Flowrate (m³/s)

ρ = Density Fluida (kg/m³)

f. Perhitungan Daya

$$P = \eta T \omega$$

$$P = 0,23 \times 0,171 \times 8,73$$

$$P = 0,34 \text{ Watt}$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

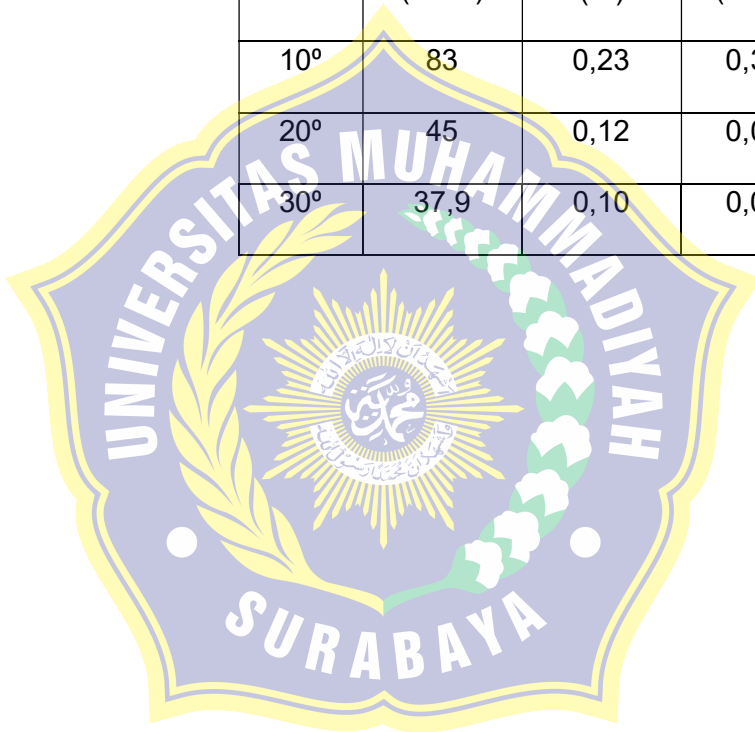
η = Efisiensi

T = Torsi (N.m)

Ω = Angular Velocity (Rad/s)

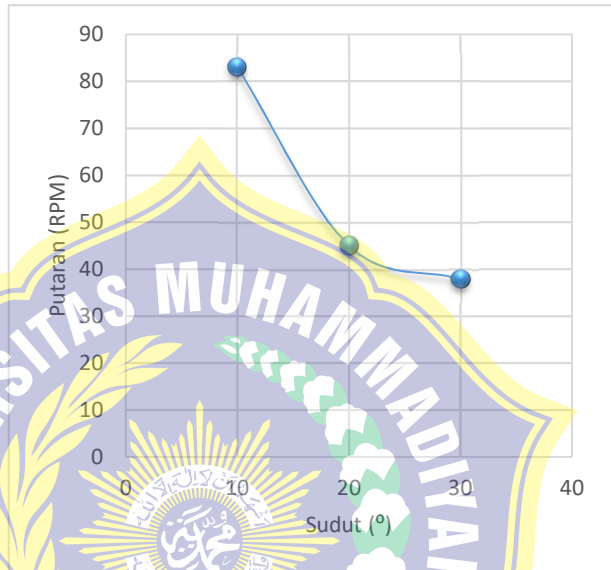
4.2.2 Tabel Hasil Perhitungan Teoritis
Tabel 4.4 Data Hasil Perhitungan Teoritis

Sudut	Karakteristik		
	Putaran Turbin (RPM)	η Efisiensi (%)	Daya Turbin (Watt)
10°	83	0,23	0,34
20°	45	0,12	0,09
30°	37,9	0,10	0,06



4.2.3 Grafik dan Pembahasan Hasil Perhitungan Teoritis

A. Grafik Hubungan Sudut dan Putaran

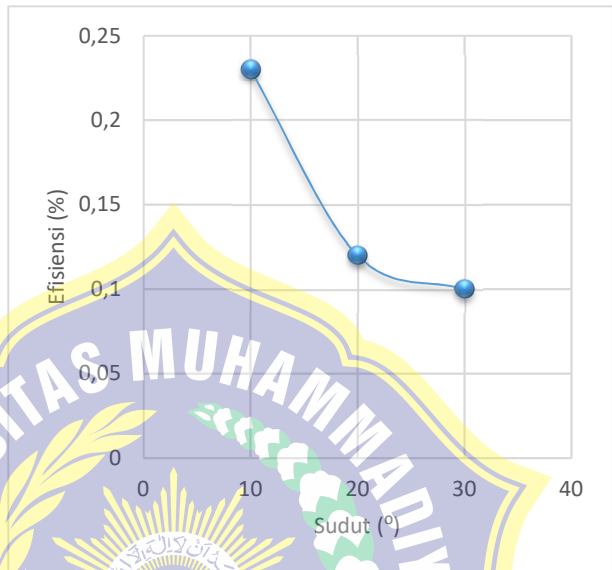


Gambar 4.7 Sudut dan Putaran Teoritis

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.7, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U) sehingga semakin rendah sudutnya maka *velocity* pada disk akan semakin tinggi sehingga putaran juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki putaran lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan kecepatan putaran 83 RPM.

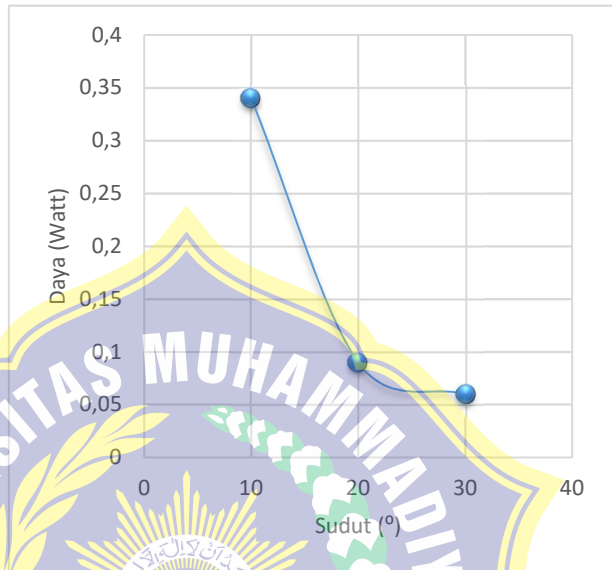
B. Grafik Hubungan Sudut dan Efisiensi



Gambar 4.8 Sudut dan Efisiensi Teoritis
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.8, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U), disk *velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* semakin tinggi dan efisiensi juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan rata-rata 0,23 %.

C. Grafik Hubungan Sudut dan Daya



Gambar 4.9 Sudut dan Daya Teoritis
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.9, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U), disk *velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* dan efisiensi semakin tinggi dan daya juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki daya lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° dengan rata-rata 0,34 Watt.

4.3 DATA HASIL SIMULASI

4.3.1 Data Hasil Simulasi

Dengan konfigurasi yang sama, perubahan sudut jet *nozzle* menunjukkan perubahan nilai daya dan efisiensi turbin. Dengan total iterasi 50, berikut hasil dari simulasi:

A. Sudut *Nozzle* 10°

Tabel 4.5 Data Hasil Iterasi Efisiensi & Daya
Sudut 10°

<i>Iterations</i> []	<i>Efficiency</i>	<i>Iterations</i> []	<i>Power</i>
1	0,219792031	1	0,312261369
5	0,206703154	5	0,276177547
10	0,312196419	10	0,630014073
15	0,328114392	15	0,695898404
20	0,334158383	20	0,721773195
25	0,330836205	25	0,707493804
30	0,332009227	30	0,712520397
35	0,335626114	35	0,72812983
40	0,338313498	40	0,739837402
45	0,339497945	45	0,74502729
50	0,34015803	50	0,74792756

B. Sudut Nozzle 20°

Tabel 4.6 Hasil Iterasi Efisiensi & Daya Sudut 20°

<i>Iterations</i>	<i>Efficiency</i>	<i>Iterations</i>	<i>Power</i>
[]		[]	
1	0,219792031	1	0,312261369
5	0,179022071	5	0,207160673
10	0,185721963	10	0,222956526
15	0,143708256	15	0,133492439
20	0,219688641	20	0,311966648
25	0,299058665	25	0,578104323
30	0,282436066	30	0,515625765
35	0,237588649	35	0,364876623
40	0,184069103	40	0,219006107
45	0,188967193	45	0,230816441
50	0,198072992	50	0,253597034

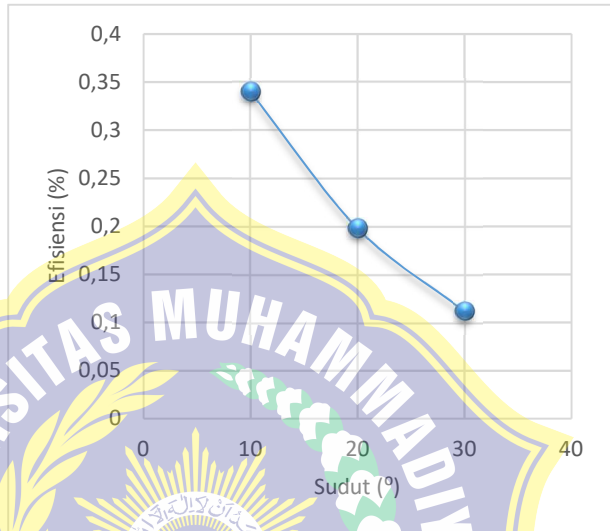
C. Sudut Nozzle 30°

Tabel 4.7 Hasil Iterasi Efisiensi & Daya Sudut 30°

<i>Iterations</i>		<i>Iterations</i>	
<i>[]</i>	<i>Efficiency</i>	<i>[]</i>	<i>Power</i>
1	0,219792031	1	0,312261369
5	0,183820718	5	0,218415311
10	0,142299062	10	0,130887351
15	0,117738957	15	0,089605206
20	0,12422868	20	0,099735255
25	0,120975921	25	0,094584344
30	0,115299205	30	0,08590041
35	0,110431692	35	0,078762595
40	0,112233208	40	0,081320761
45	0,108788282	45	0,076322785
50	0,111684089	50	0,080396484

4.3.2 Grafik dan Pembahasan Hasil Simulasi

A. Grafik Hubungan Sudut dan Efisiensi

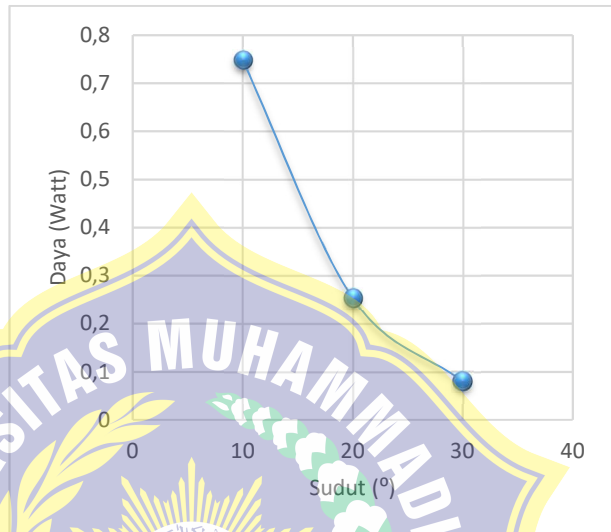


Gambar 4.10 Sudut dan Efisiensi Simulasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.10, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U), disk *velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* semakin tinggi dan efisiensi juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° . Hasil akhir diketahui bahwa nilai Efisiensi adalah 0,3401580 %.

B. Grafik Hubungan Sudut dan Daya



Gambar 4.11 Sudut dan Efisiensi Simulasi

Sumber: Dokumentasi Pribadi

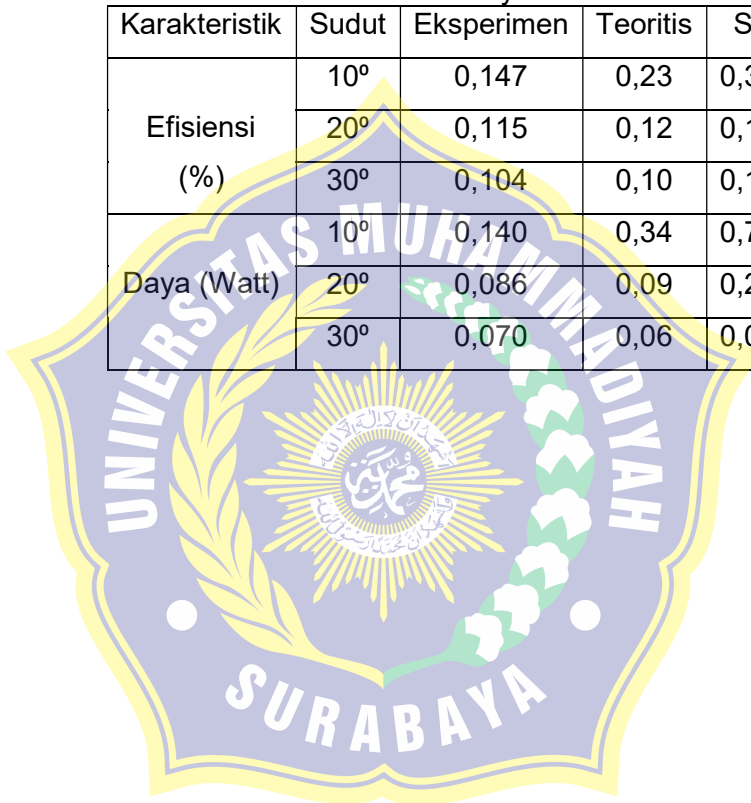
Pada Gambar 4.11, menunjukkan bahwa Sudut berbanding terbalik dengan kecepatan putaran. Sudut berhubungan dengan disk *velocity* (U), disk *velocity* berhubungan dengan putaran dan *angular velocity*, sehingga semakin rendah sudutnya maka *angular velocity* dan efisiensi semakin tinggi dan daya juga tinggi. Dengan spesifikasi turbin yang sama, *nozzle* dengan sudut 10° memiliki daya lebih tinggi dibandingkan dengan sudut 20° dan 30° . Hasil akhir diketahui bahwa nilai Daya adalah 0,74792756 Watt.

4.4 DATA PERBANDINGAN HASIL EKSPERIMEN, TEORITIS DAN SIMULASI

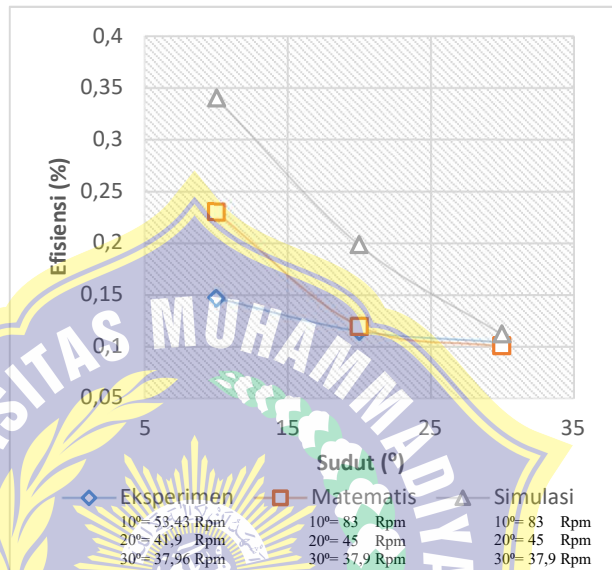
4.4.1 Data Hasil Perbandingan

Tabel 4.8 Matriks Daya dan Efisiensi

Karakteristik	Sudut	Eksperimen	Teoritis	Simulasi
Efisiensi (%)	10°	0,147	0,23	0,3401580
	20°	0,115	0,12	0,1980730
	30°	0,104	0,10	0,1116841
Daya (Watt)	10°	0,140	0,34	0,7479276
	20°	0,086	0,09	0,2535970
	30°	0,070	0,06	0,0803965



4.4.2 Grafik dan Pembahasan Hasil Perbandingan A. Grafik Hubungan Sudut dan Efisiensi



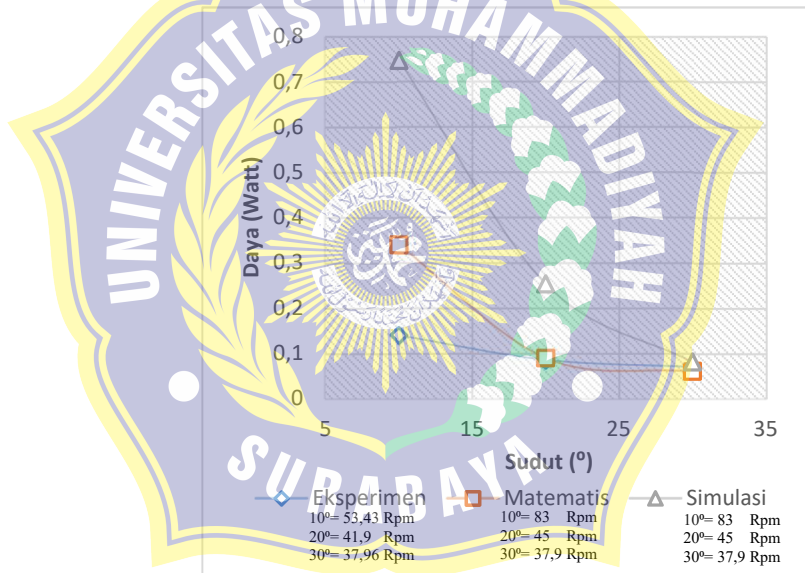
Gambar 4.12 Sudut dan Efisiensi Perbandingan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.12, Grafik menunjukkan hasil yang bervariasi dari masing-masing metode penelitian, pada tekanan kerja 5 Psi dan *Flowrate* Maksimum 4 Lpm putaran tertinggi yang dapat dicapai pada saat pengujian eksperimen adalah 54 Rpm dengan efisiensi rata-rata 0,147 % pada sudut 10°. Secara Perhitungan Teoritis sudut 10° juga memiliki putaran tertinggi yaitu 83 Rpm dengan efisiensi 0,23 % dan melalui simulasi telah diprediksikan model dengan sudut 10° menghasilkan

efisiensi tertinggi dengan nilai rata-rata adalah 0,3401580%. Hal ini disebabkan Sudut 10° memiliki konstruksi paling ideal dalam mempertahankan transfer momentum antara fluida dan disk, sehingga jumlah lapisan batas terus meningkat disamping pengaruh dari *pressure* dan *mass flowrate* pada internal turbin.

B. Grafik Hubungan Sudut dan Daya



Gambar 4.13 Sudut dan Daya Perbandingan

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Pada Gambar 4.13, Grafik menunjukkan hasil pengujian eksperimen Daya tertinggi rata-rata

0,140 Watt pada sudut 10° . Secara Perhitungan Teoritis Daya tertinggi adalah 0,34 Watt pada sudut 10° dan simulasi model sudut 10° juga menghasilkan Daya tertinggi dengan nilai rata-rata adalah 0,7479276 Watt. Efisiensi berpengaruh pada Daya turbin sehingga semakin besar nilai efisiensi maka Daya turbin juga akan semakin meningkat.



