

LAMPIRAN I
DATA PENGAMATAN

Data Aktual Simulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro pada tanggal 12 Juni 2017 dan 13 Juni 2017

Tabel 4. Data pengamatan Arah Nozel *Overshot Horizontal* (Nozel 1)

Waktu Operasi (menit)	Bukaan katup (%)	Debit (liter/menit)	RPM	Voltage	Ampere
60	100	31,9	337	200	0,7
60	80	30,3	312	190	0,7
60	60	25,4	228	180	0,7
60	40	14,5	60	0	0
60	20	1,6	0	0	0

Tabel 5. Data Pengamatan Arah Nozel *Overshot Vertikal* (Nozel 2)

Waktu Operasi (menit)	Bukaan katup (%)	Debit (liter/menit)	RPM	Voltage	Ampere
60	100	30,6	316	185	0,6
60	80	29,5	293	165	0,6
60	60	28,6	256	160	0,6
60	40	14,6	90	0	0
60	20	1,9	0	0	0

Tabel 6. Data pengamatan Arah Nozel *Undershot* (Nozel 3)

Waktu Operasi (menit)	Bukaan katup (%)	Debit (liter/menit)	RPM	Voltage	Ampere
60	100	30,2	280	180	0,6
60	80	29,1	266	150	0,6
60	60	26,4	217	145	0,6
60	40	14,9	44	0	0
60	20	1,5	0	0	0

LAMPIRAN II PERHITUNGAN

A. Perhitungan Aktual

1. *Overshoot Horizontal*

- Menghitung daya yang dihasilkan arah *Overshoot Horizontal* pada bukaan valve 100%

Dimana :

$$\text{Tegangan (Volt)} = 200 \text{ V}$$

$$\text{Arus (A)} = 0,7 \text{ A}$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus berikut

$$P = V \times I$$

Maka :

$$P = 200 \text{ V} \times 0,70 \text{ A}$$

$$P = 140,00 \text{ Watt}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, maka daya yang dihasilkan setiap bukaan valve dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 7. Energi listrik yang dihasilkan dari arah *Overshoot Horizontal*

Bukaan Valve	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
100	200	0,7	140
80	190	0,7	133
60	180	0,7	126
40	0	0	0
20	0	0	0

2. *Overshoot Vertical*

Menghitung daya yang dihasilkan arah *Overshoot Horizontal* pada bukaan valve 100%

- Dimana :

$$\text{Tegangan (Volt)} = 185 \text{ V}$$

$$\text{Arus} = 0,6$$

$$\text{(A)} \quad \text{A}$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus berikut

$$P = V \times I$$

Maka :

$$P = 185 \text{ V} \times 0,60 \text{ A}$$

$$P = 111,00 \text{ Watt}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, maka daya yang dihasilkan setiap bukaan valve dapat dilihat sebagai berikut

:

Tabel 8. Energi listrik yang dihasilkan dari arah *Overshoot Vertikal*

Bukaan Valve	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
100	185	0,6	111
80	165	0,6	99
60	160	0,6	96
40	0	0	0
20	0	0	0

3. *Undershoot*

Menghitung daya yang dihasilkan arah *Overshoot Horizontal* pada bukaan valve 100%

- Dimana :

$$\text{Tegangan (Volt)} = 180 \text{ V}$$

$$\text{Arus (A)} = 0,6 \text{ A}$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus berikut

$$P = V \times I$$

Maka :

$$P = 180 \text{ V} \times 0,60 \text{ A}$$

$$P = 108,00 \text{ Watt}$$

Dengan cara perhitungan yang sama, maka daya yang dihasilkan setiap bukaan valve dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 9. Energi listrik yang dihasilkan dari arah *Undershoot*

Bukaan Valve	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
100	180	0,6	108
80	150	0,6	90
60	145	0,6	87
40	0	0	0
20	0	0	0

B. Perhitungan Kincir Sudu Plat Datar

Untuk menentukan Daya PLTMH dengan menggunakan persamaan berikut dibawah ini :

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \quad \text{sumber : Teacher Manual}$$

Keterangan :

$$\rho = \text{Densitas air (kg/m}^3\text{)}$$

$$g = \text{gravitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

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

$$H = \text{Head air Jatuh (m)}$$

Dimana :

$$Q = 31,9 \text{ L/s} \left| \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right|$$
$$= 0,03190 \text{ m}^3\text{/s}$$

Dari grafik Karakteristik Jenis Turbin yang digunakan dapat ditentukan Head air jatuh yakni 1,4 m (sumber : Grafik Suwigno, 2012)

$$H = 1,40 \text{ m}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

sehingga, daya hidrolik aktual adalah

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H$$
$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,03190 \text{ m}^3\text{/s} \times 1,4 \text{ m}$$
$$= 438,11 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{300,00 \text{ W}}{438,11 \text{ W}}$$
$$= 0,68$$

Perancangan Kincir Air

1. Diameter Minimum Pipa Pesat

Untuk menghitung diameter minimum pipa pesat dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$D = \frac{2,69 \times (n^2 \times Q^2 \times L)^{0,1875}}{H}$$

Dimana :

$$Q = 0,03190 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H = 1,40 \text{ m}$$

$$L = 2,5 \text{ m}$$

$$n = 0,009$$

sehingga diameter minimum pipa pesat yakni,

$$\begin{aligned} D &= \frac{2,69 \times (n^2 \times Q^2 \times L)^{0,1875}}{H} \\ &= \frac{2,69 \times (0,009^2 \times 0,03190^2 \times 2,5)^{0,1875}}{1,40\text{m}} \\ &= 0,0179 \text{ m} = 1,79 \text{ cm} = 0,666 \text{ in} \end{aligned}$$

Dari perhitungan pipa pesat maka dipilih diameter pipa pesat yakni 0,5 in

2. Kecepatan Air Mengalir Dipipa Penstock

Untuk menghitung kecepatan Air yang mengalir dipipa penstock dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

$$Q = 0,0319 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D = 0,0179 \text{ m}$$

sehingga kecepatan aliran air yang mengalir dipipa penstock yakni,

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,0179)^2 \\ &= 0,00250 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,0319 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00250 \text{ m}^2} \\ &= 12,7 \text{ m/s} \end{aligned}$$

2. Faktor Kecepatan

Untuk mengetahui Faktor Kecepatan kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\Phi = \frac{D \cdot N_t}{84,6 \times \sqrt{H_n}}$$

Dimana :

$$D = 16 \text{ in} = 0,41 \text{ m}$$

$$N_t = 337 \text{ rpm}$$

$$H_n = 1,40 \text{ m}$$

sehingga, faktor kecepatan kincir air adalah

$$\begin{aligned}\Phi &= \frac{D \cdot N_t}{84,6 \times \sqrt{H_n}} \\ &= \frac{0,41 \text{ m} \times 337 \text{ rpm}}{84,6 \times \sqrt{1,40 \text{ m}}} \\ &= 1,368\end{aligned}$$

3. Kecepatan Satuan

Untuk mengetahui Kecepatan Satuan kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$N_{11} = \frac{N_t D}{\sqrt{H_n}}$$

Dimana :

$$D = 16 \text{ in} = 0,41 \text{ m}$$

$$N_t = 337 \text{ rpm}$$

$$H_n = 1,40 \text{ m}$$

sehingga, faktor kecepatan kincir air adalah

$$\begin{aligned}N_{11} &= \frac{N_t D}{\sqrt{H_n}} \\ &= \frac{337 \text{ rpm} \times 0,41 \text{ m}}{\sqrt{1,40 \text{ m}}} \\ &= 115,75 \text{ rpm}\end{aligned}$$

4. Putaran Spesifik

Untuk mengetahui Putaran Spesifik kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$N_s = \frac{N_t \cdot P^{0,5}}{H^{5/4}}$$

$$= \frac{337 \text{ rpm} \times (438,11 \text{ W})^{0,5}}{(1,40 \text{ m})^{5/4}}$$

$$= 463,19 \text{ rpm}$$

5. Lebar Dimensi Kincir

Untuk mengetahui Lebar Dimensi kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$L = \frac{114 Q}{Ck (2gH)^{0,5} D}$$

Dimana :

$$C = 0,98$$

$$k = 0,087$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H = 1,40 \text{ m} = 4,59 \text{ ft}$$

$$D = 0,41 \text{ m}$$

$$Q = 0,03190 \text{ m}^3/\text{s} = \frac{1,1264}{\text{ft}^3/\text{s}}$$

sehingga Lebar Dimensi Kincir yakni,

$$L = \frac{114 Q}{Ck (2gH)^{0,5} D}$$

$$= \frac{114 \times 1,1264 \text{ ft}^3/\text{s}}{0,98 \times 0,087 \times (2 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 4,59 \text{ ft})^{0,5} \times 0,41}$$

$$= 0,98 \text{ m}$$

6. Jarak Antar Sudu

Untuk mengetahui Jarak Antar Sudu Kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$t = \frac{\pi D}{N}$$

Dimana :

$$N = 18 \text{ buah}$$

$$D = 0,41 \text{ m}$$

sehingga jarak antar sudu yakni,

$$t = \frac{\pi D}{N}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{3,14 \times 0,41 \text{ m}}{18 \text{ buah}} \\
&= 0,071 \text{ m} \quad = 7,1 \text{ cm}
\end{aligned}$$

7. Sudut Antar Sudu

Untuk mengetahui Sudut Antar Sudu Kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\sin\beta = \frac{k D}{t}$$

Dimana :

$$k = 0,087$$

$$D = 0,41 \text{ m}$$

$$t = 0,071 \text{ m}$$

sehingga $\sin \beta$ yakni :

$$\begin{aligned}
\sin\beta &= \frac{k D}{t} \\
&= \frac{0,087 \times 0,41 \text{ m}}{0,071 \text{ m}} \\
\sin\beta &= 0,4987261 \\
\beta &= 29,86^0 = 30^0
\end{aligned}$$

8. Lebar Keliling Radial

Untuk mengetahui Keliling Radial Kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\alpha = 0,17 D$$

Dimana :

$$D = 0,41 \text{ m}$$

sehingga Lebar Keliling Radial kincir yakni ;

$$\begin{aligned}
\alpha &= 0,17 D \\
&= 0,17 \times 0,41 \text{ m} \\
&0,069 \text{ m} = 6,91 \text{ cm}
\end{aligned}$$

9. Kelengkungan Sudu

Untuk mengetahui Kelengkungan Sudu Kincir dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\rho = 0,326 r$$

Dimana :

$$D = 0,41 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 r &= 0,203 \text{ m} \\
 \text{sehingga kelengkungan sudu yakni} \\
 \rho &= 0,326 r \\
 &= 0,326 \times 0,203 \text{ m} \\
 &= 0,066 \text{ m} = 6,62 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

10. Jarak Pancaran Dari Pusat Poros

Untuk mengetahui Jarak Pancaran dari pusat poros dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$y_1 = (0,1986 - 0,945k) D$$

Dimana :

$$D = 0,41 \text{ m}$$

$$k = 0,087$$

sehingga jarak pancaran dari pusat poros kincir yakni,

$$\begin{aligned}
 y_1 &= (0,1986 - 0,945k) D \\
 &= (0,1986 - 0,945 \times 0,087) 0,41 \text{ m} \\
 &= 0,048 \text{ m} = 4,77 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

11. Jarak Pancaran dari Tepi Runner

Untuk mengetahui Jarak Pancaran tepi runner dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 y_2 &= (0,1314 - 0,945k) D \\
 &= (0,1314 - 0,945 \times 0,087) 0,41 \text{ m} \\
 &= 0,020 \text{ m} = 1,999 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

12. Transmisi Mekanik Putaran Generator

Untuk menghitung transmisi mekanik putaran generator dapat digunakan persamaan dibawah ini :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_1}{r_2}$$

Dimana :

$$\text{Putaran Kincir } (n_1) = 337 \text{ rpm}$$

$$\text{Jari-jari Puli Kincir } (r_1) = 0,203 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari Puli Generator } (r_2) = 0,05 \text{ m}$$

sehingga putaran generator (n_2) yang dihasilkan yakni,

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\begin{aligned}
 n_2 &= \frac{r_1 n_1}{r_2} \\
 &= \frac{0,203 \text{ m} * 337 \text{ rpm}}{0,050 \text{ m}} \\
 &= 1369,57 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

Generator yang digunakan merupakan Generator DC 1 fase dengan putaran 1100-1500 rpm voltase keluaran 12 V dan Daya keluaran maksimal 500 W

Dari Perhitungan yang telah dilakukan maka dapat ditabulasikan perancangan desain yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini .

Parameter		Satuan
Debit Aliran	0,03190	m ³ /s
Ketinggian Aliran	1,40	m
Putaran Kincir	337	rpm
Diameter Pipa Pesat	0,666	in
Kecepatan Aliran Penstok	12,742	m/s
Faktor Kecepatan	1,368	
Kecepatan Satuan	115,75	rpm
Putaran Spesifik	463,19	rpm
Lebar Dimensi Kincir	0,98	m
Jarak Antar Sudu	0,071	m
Sudut Sudu	30 ⁰	
Lebar Keliling Radial	0,069	m
Kelengkungan Sudu	0,066	m
Jarak Pancaran Poros	0,048	m
Jarak Pancaran Tepi	0,020	m
Putaran Generator	1369,57	rpm
Daya Keluaran	438,11	Watt
efisiensi (η)	0,68	

LAMPIRAN III
GAMBAR ALAT



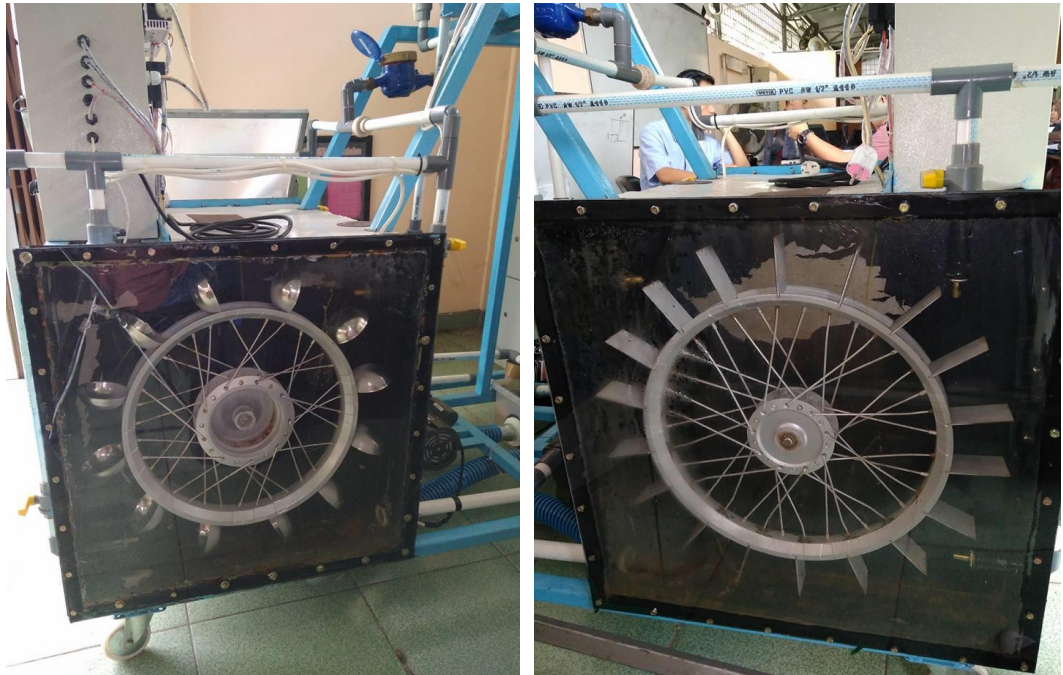
Gambar Keseluruhan Simulasi Prototipe PLTMH



Gambar Tangki



Gambar Pompa



Gambar Kincir Air



Gambar Generator



Gambar Inverter



Gambar Panel Pengukur RPM, Arus, dan Tegangan Listrik Digital