

LAMPIRAN I
DATA PENGAMATAN

Data Aktual Simulasi Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) turbin Pelton, sebagai berikut:

A. Arah Nosel *Overshoot Horizontal* (Nosel 1)

Waktu Operasi (menit)	Debit (GPM)	RPM	V (Volt)	I (A)
60	2	0	0	0
60	4,1	515,4	175	0,07
60	4,2	536,5	180	0,07
60	4,3	563,5	190	0,07
60	4,5	573,9	210	0,07

B. Arah Nosel *Overshoot Vertical* (Nosel 2)

Waktu Operasi (menit)	Debit (GPM)	RPM	V (Volt)	I (A)
60	2	0	0	0
60	4,1	502,1	173	0,07
60	4,2	519,7	180	0,07
60	4,3	544,1	189	0,07
60	4,5	562,2	208	0,07

C. Arah Nosel *Undershoot* (Nosel 3)

Waktu Operasi (menit)	Debit (GPM)	RPM	V (Volt)	I (A)
60	2	0	0	0
60	4,1	508,2	175	0,07
60	4,2	513,7	178	0,07
60	4,3	520,5	184	0,07
60	4,5	542,5	200	0,07

LAMPIRAN II
DATA PERHITUNGAN

A. *Overshoot Horizontal*

Berikut ini adalah data pengamatan pengaruh arah aliran *overshoot* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Data pengamatan arah nosel *Overshoot Horizontal*

Q (GPM)	Putaran (RPM)	Tekanan (bar)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)
2	0	2,6	0	0
4,1	515,4	2,4	175	70
4,2	536,5	2,25	180	70
4,3	563,5	2,2	190	70
4,5	573,9	2,2	210	70

- Menghitung daya yang dihasilkan arah *Overshoot Horizontal* pada bukaan katup 40%

Dimana :

$$\text{Tegangan (Volt)} = 175\text{V}$$

$$\text{Arus (mA)} = 70 \text{ mA} = 0,07 \text{ A}$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus berikut :

$$P = V \times I$$

Maka :

$$P = 175 \text{ V} \times 0,07 \text{ A}$$

$$P = 12,25 \text{ Watt}$$

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

Tabel 2. Energi listrik yang dihasilkan dari arah *Overshoot Horizontal*

Debit Q (GPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
2	0	0	0
4,1	175	70	12,25
4,2	180	70	12,60
4,3	190	70	13,30

4,5	208	70	14,56
-----	-----	----	-------

C. *Undershoot*

Berikut ini adalah data pengamatan pengaruh arah aliran *undershoot* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 5. Data pengamatan arah nosel *Undershoot*

Q (GPM)	Putaran (RPM)	Tekanan (bar)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)
2	0	2,6	0	0
4,1	508,2	2,4	175	70
4,2	513,7	2,3	178	70
4,3	520,5	2,2	184	70
4,5	542,5	2,2	200	70

- Menghitung daya yang dihasilkan arah *Overshoot Vertical* pada bukaan katup 40%

Dimana :

$$\text{Tegangan (Volt)} = 175 \text{ V}$$

$$\text{Arus (mA)} = 70 \text{ mA} = 0,07 \text{ A}$$

Untuk menentukan daya yang dihasilkan dapat menggunakan rumus berikut :

$$P = V \times I$$

Maka :

$$P = 175 \text{ V} \times 0,07 \text{ A}$$

$$P = 12,25 \text{ Watt}$$

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

Tabel 6. Energi listrik yang dihasilkan dari arah *Undershoot*

Debit Q (GPM)	Tegangan (Volt)	Arus (mA)	Daya (Watt)
2	0	0	0
4,1	175	70	12,25

4,2	178	70	12,46
4,3	184	70	12,88
4,5	200	70	14,00

A. *Overshoot Horizontal*

Berikut ini adalah data pengamatan pengaruh arah aliran *overshoot* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 7. Data pengamatan arah nosel *Overshoot Horizontal*

Debit Q (GPM)	Putaran (RPM)
2	0
4,1	515,4
4,2	536,5
4,3	563,5
4,5	573,9

- Perhitungan aktual pengaruh bukaan katup nosel
- Menghitung daya air yang dihasilkan turbin Pelton dengan bukaan katup 40%
 - menghitung kecepatan aliran yang melewati nosel

$$v = \frac{Q}{1/4 \times \pi \times d^2}$$

dimana:

$$Q = 4,1 \text{ G/min}$$

$$Q = 4,1 \text{ G/min} \left| \frac{4,55 \text{ L/min}}{1,0 \text{ G/min}} \right|$$

$$Q = 18,64 \text{ L/min}$$

$$Q = 18,64 \text{ L/min} \left| \frac{1,00 \text{ m}^3}{1000,00 \text{ L}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{60 \text{ s}} \right| = 0,000311 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$d = \text{diamenter nosel} = 0,25 \text{ inch} \left| \frac{0,0254 \text{ m}}{1 \text{ icnh}} \right| = 0,00635 \text{ m}$$

maka :

$$v = \frac{0,0003 \text{ m}^3/\text{s}}{0,25 \times 3,14 \times (0,0064 \text{ m})^2} = 9,81 \text{ m/s}$$

- Menghitung *Head* aliran

$$v = \frac{kv}{\sqrt{2gH}}$$

$$H = \frac{(V/kv)^2}{2g}$$

$$2 g$$

dimana :

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$V = 9,81 \text{ m/s}$$

$$k_v = \text{konstanta kecepatan} = 0,96$$

maka, besar *Head* yang ditimbulkan aliran

$$H = \frac{(9,81 \text{ m/s}^2 / 0,96)^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$H = 5,33 \text{ m}$$

1.3 menghitung daya yang mampu dihasilkan aliran air

$$P_h = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$$

Dimana :

$$\rho_{\text{air}} = 995,70 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{berdasarkan suhu air yaitu } 35^\circ)$$

$$Q = 0,000311 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$H = 5,33 \text{ m}$$

$$\eta = 0,85$$

Maka, besar daya yang dihasilkan adalah

$$P_h = \frac{995,70 \text{ kg/m}^3 \times 0,00031 \text{ m}^3/\text{s} \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 5,33 \text{ m}}{0,85} = 13,74 \text{ Watt}$$

1.3. menghitung kecepatan keliling turbin

$$n = \frac{60 \times U}{\pi d}$$

$$U = \frac{\pi \times d \times n}{60}$$

dimana :

$$n = 515,40 \text{ rpm}$$

$$d = \text{diameter luar turbin} = 20 \text{ cm} = 0,20 \text{ m}$$

maka,

$$U = \frac{3,14 \times 0,20 \text{ m} \times 515,40 \text{ rpm}}{60} = 5,39 \text{ m/s}$$

1.4 Menghitung gaya tangensial pada turbin pelton

dimana :

$$\begin{aligned}
\rho_{\text{air}} &= 995,70 \text{ kg/m}^3 \\
Q &= 0,00031 \text{ m}^3/\text{s} \\
V &= 9,81 \text{ m/s} \\
U &= 5,39 \text{ m/s} \\
k &= 0,8 \quad (\text{faktor gesek permukaan sudu}) \\
\beta_2 &= 160^\circ \quad (\text{sudut pacaran air keluar sudu})
\end{aligned}$$

maka,

$$\begin{aligned}
F &= \rho_{\text{air}} \times Q \times (V - U)(1 - k \cos \beta_2) \\
&= 996 \text{ kg/m}^3 \times 0,000311 \text{ m}^3/\text{s} \times (9,81 \text{ m/s} - 5,39 \text{ m/s}) \\
&\quad \times (1 - 0,8 \times \cos 160^\circ) \\
&= 2,39 \text{ N}
\end{aligned}$$

1.5 Menghitung torsi pada turbin

$$T = F \times r$$

dimana :

$$F = 2,39 \text{ N}$$

$$r = 1/2 d = 0,5 \times 20 \text{ cm} = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$$

maka, nilai torsi pada turbin

$$T = 2,39 \text{ N} \times 0,1 \text{ m} = 0,24 \text{ Nm}$$

- Mengitung Energi Mekanik turbin

$$P_{\text{mk}} = \frac{2 \pi n T}{60}$$

Dimana,

$$n = 515,40 \text{ rpm}$$

$$T = 0,24 \text{ Nm}$$

maka, energi mekanik turbin yang dihasilkan

$$P_{\text{mk}} = \frac{2 \times 3,14 \times 515,4 \text{ rpm} \times 0,24 \text{ Nm}}{60} = 12,92 \text{ Watt}$$

1.6 Menghitung Efisiensi turbin

$$\eta = \frac{P_{\text{mk}}}{P_h} \times 100\%$$

dimana :

$$P_{\text{mk}} = 12,92 \text{ Watt}$$

$$P_h = 14 \text{ Watt}$$

maka, efisiensi turbin

$$\eta = \frac{12,92 \text{ Watt}}{13,74 \text{ Watt}} \times 100\% = 94,03 \%$$

Dengan cara yang sama seperti diatas, daya untuk bukaan katup 100%, 80%, 60% dan 40% pada arah *Overshoot Horizontal*, *Vertical*, dan *Undershoot* dapat dilihat pada tabel 7

Tabel 8. Data Hasil Kinerja yang Dihasilkan oleh PLTMH Turbin Pelton dengan Pengaruh debit pada tembakan nosel pada aliran *Overshoot Horizontal*, *Overshoot Vertical*, dan *Undershoot*

Arah Nosel	Laju Alir (G/min)	P_h (Watt)	P_{mk} (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
Nosel <i>Overshoot Horizontal</i>	2,00	0,01	-	-
	4,10	13,74	12,92	94,03
	4,20	14,77	13,83	93,66
	4,30	15,85	14,73	92,94
	4,50	18,17	17,02	93,70
Nosel <i>Overshoot Vertical</i>	2,00	0,01	-	-
	4,10	13,74	12,98	94,49
	4,20	15,30	14,46	94,51
	4,30	16,98	16,02	94,34
	4,50	18,17	17,10	94,15
Nosel <i>Undershoot</i>	2,00	0,01	-	-
	4,10	13,74	12,96	94,32
	4,20	14,77	13,96	94,52
	4,30	15,85	15,00	94,64
	4,50	18,17	17,20	94,66

LAMPIRAN III

GAMBAR



Gambar 13. Alat Simulasi PLTMH Turbin Pelton



(a)



(b)



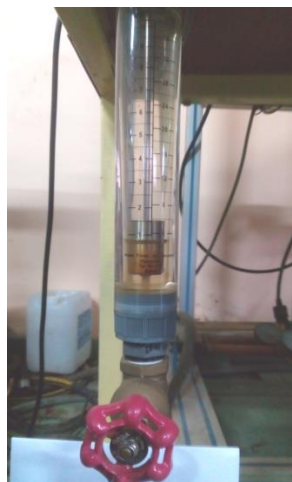
(c)



(d)



(e)



(f)

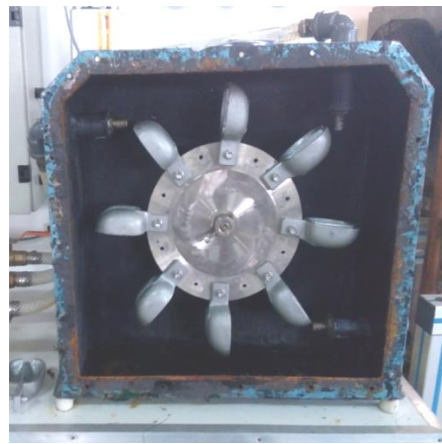


(g)

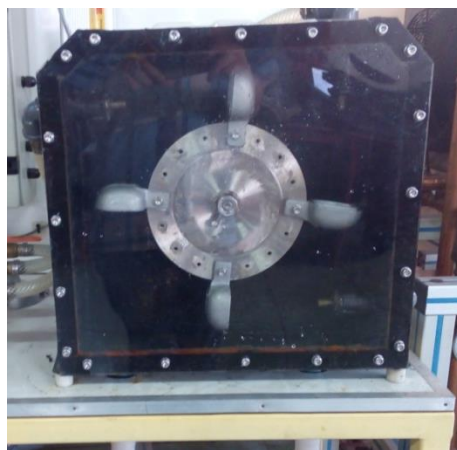
Gambar 14. Komponen Pada Simulasi PLTMH Turbin Pelton (a) Tangki Penampung, (b) Pompa Sentrifugal, (c) Generator, (d) Turbin Pelton, (e) Inverter 300 Watt, (f) Flowmeter



(a)



(b)



(c)

Gambar 15. Penggunaan Variasi Jumlah Sudu Pelton (a) 16 buah, (b) 8 buah, (c) 4 buah