
ANALISA PENGARUH DIAMETER RUNNER, SUDUT NOSEL, JARAK PANCARAN AIR, DAN DIAMETER NOSEL TERHADAP PERFORMA TURBIN PELTON MIKROHIDRO

Moh Andi Azrial¹⁾, Akdiem Khailani Basory²⁾, Supardi³⁾
Teknik Mesin dan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya^{1,2,3}

*Email : azrialandy@gmail.com¹⁾,
akdim.khailani911@gmail.com²⁾, supardis@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Tujuan dari riset ini adalah memahami efek dari perubahan diameter runner, sudut nosel, jarak pancaran air, dan diameter nosel terhadap apa yang dihasilkan berupa daya generator, putaran turbin, dan efisiensi system turbin. Variasi diameter runner menggunakan ukuran 110mm, 115mm, dan 120mm yang diuji dengan variasi sudut nosel $\angle 1=0^\circ$, $\angle 2=45^\circ$, dan $\angle 3=60^\circ$, Untuk variasi jarak pancaran air menggunakan jarak 12cm, 13cm, dan 14cm menggunakan diameter nosel 9 mm, 10mm, dan 11mm. Hasil uji diameter runner dan sudut nosel diperoleh diameter runner 110 mm diperoleh nilai daya generator dan efisiensi turbin relative lebih tinggi dari pada variasi diameter runner yang lain. Dapat disimpulkan semakin kecil diameter runner maka putaran turbin dihasilkan semakin tinggi. Pada variasi sudut nosel 0° juga memberikan nilai daya generator dan efisiensi turbin yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan variasi sudut nosel 45° dan 60° , bahwa sudut nosel mempengaruhi nilai. Kinerja turbin yang tinggi dapat diperoleh pada variasi diameter runner 110 mm dengan sudut nosel 0° yang menghasilkan daya generator sebesar 6,529 Watt, dan efisiensi turbin 16,93%. Hasil pengujian variasi jarak pancaran air dan diameter nosel didapatkan jarak pancaran air 12cm memperoleh hasil daya generator dan efisiensi turbin lebih besar dari jarak pancaran air 13cm dan 14cm. Variasi diameter nosel berukuran 9 mm memperoleh daya generator dan efisiensi turbin lebih tinggi dibandingkan diameter nosel 10mm dan 11mm. Kinerja turbin yang tinggi dapat diperoleh pada variasi jarak pancaran air 12 cm dengan diameter nosel 9 mm yang nilai daya generator sebesar 6,546 Watt, dan efisiensi turbin 16,98%.

Kata-kata kunci: Turbin Pelton, Performa Turbin, Diameter Runner, Sudut Nosel, Jarak Pancaran Air, Diameter Nosel, Efisiensi Turbin.

ABSTRACT

The purpose of this research is to understand the effect of changes in runner diameter, nozzle angle, water jet distance, and nozzle diameter on what is produced in the form of generator power, turbine rotation, and turbine system efficiency. Variations in runner diameter using sizes 110mm, 115mm, and 120mm were tested with variations in nozzle angles $\angle 1=0^\circ$, $\angle 2=45^\circ$, and $\angle 3=60^\circ$. For variations in the distance of the water jet using distances of 12cm, 13cm, and 14cm nozzle diameters 9mm, 10mm, and 11mm. The test results for the runner diameter and nozzle angle showed that the runner diameter was 110 mm and the generator power and turbine efficiency values were relatively higher than the other runner diameter variations. It can be concluded that the smaller the diameter of the runner, the higher the resulting turbine rotation. The 0° nozzle angle variation also gives relatively higher generator power and turbine efficiency values compared to the 45° and 60° nozzle angle variations, that nozzle angle affects the value. High turbine performance can be obtained by varying the runner

diameter of 110 mm with a nozzle angle of 0° which produces a generator power of 6.529 Watts, and a turbine efficiency of 16.93%. The results of testing variations in the distance of the water jet and the diameter of the nozzle, it was found that the distance of the water jet was 12cm, the generator power and efficiency of the turbine were greater than the distance of the water jet, which was 13cm and 14cm. Variations in nozzle diameter measuring 9 mm obtain generator power and turbine efficiency higher than nozzle diameters of 10mm and 11mm. High turbine performance can be obtained by varying the distance of the water jet of 12 cm with a nozzle diameter of 9 mm with a generator power value of 6.546 Watt, and a turbine efficiency of 16.98%.

Keywords: Pelton turbine, turbine performance, runner diameter, nozzle angle, jet distance, nozzle diameter, turbine efficiency.

Pendahuluan

Seiring berjalannya waktu, suhu yang ada di bumi semakin meningkat. Hal tersebut merupakan dampak dari pemanasan global akibat banyaknya pemakaian energi tidak terbarukan. Untuk mengatasi hal tersebut, diupayakan menggunakan energi terbarukan dengan memanfaatkan salah satu sumber daya air. Pengolahan air menjadi sumber energi terbarukan dapat dilakukan melalui turbin. Salah satunya, yaitu turbin air. Turbin air termasuk peralatan yang dapat menghasilkan daya listrik dari kinerja pancaran air menjadi energi mekanis untuk menggerakkan generator listrik. Turbin air dibagi menjadi dua macam, yaitu turbin reaksi dan turbin impuls.

Turbin reaksi bekerja dengan terendam didalam air dan pada turbin reaksi ini kecepatan serta tekanan yang digunakan tinggi sehingga terdapat perubahan yang terjadi didalam turbin, yaitu energi kinetik melalui sudu turbin. Arah gerakan air ini masuk kedalam piringan atau runner yang diarahkan oleh sudu pengatur untuk mendapatkan arah yang baik [1]. Misalnya turbin kaplan, turbin propeller dan turbin francis.

Ide pertama yang dilakukan pada kerangka bentuk Turbin Pelton, yaitu memastikan jumlah minimal bucket guna aliran air dari nosel yang terabaikan tidak ada. Selain itu, jumlah minimal yang digunakan juga berguna agar tidak terkena pada sudu turbin karena arus yang terkena pada sudu merupakan energi menghasilkan energi listrik yang didapat dari sumber energi penggerak. Hal yang dilakukan sebelum menentukan jumlah minimum sudu ketika turbin bekerja dibawah laju arus normal.

Maka dari itu, pada percobaan kali ini membuat sebuah prototype dari Turbin Pelton yang diperuntukkan di laboratorium agar kinerja dan daya yang didapatkan menjadi optimal. Percobaan ini menggunakan variasi diameter runner, sudut nosel, jarak pancaran air, dan diameter nosel. Percobaan ini dilakukan dengan metode eksperimen, yaitu material resin untuk sudu, material Teflon untuk nosel, dan percobaan dilakukan di Lab. fluida UNTAG Surabaya. Tujuan dilakukan percobaan ini agar Turbin Pelton dari variasi parameter yang diteliti atau digunakan memiliki performa yang maksimal.

Metode

Perancangan Turbin Pelton

Untuk mengetahui ukuran rencana Turbin Pelton, harus tau parameter yang digunakan. Parameter yang digunakan terdiri dari Debit Aliran Air (Q), Daya Air (P) dan Head (H). Rumus yang dapat digunakan dalam perencanaan turbin, yaitu.: [7].

$$P = Q.H.g.\rho.\eta \quad (1)$$

Keterangan:

P = Daya air (*Watt*)

Q = Kapasitas air (m^3/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

H = Tinggi Jatuhan Air atau Head (m)

η = Efisiensi (%)

ρ = Massa jenis air ($1000 kg/m^3$)

Untuk mengetahui dan mendapat hasil angka atau nilai dari diameter nosel, perlu diketahui terlebih dahulu menghitung kecepatan pancaran air dengan persamaan sebagai berikut.

$$c_1 = k_c \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2)$$

Setelah mengetahui persamaan kecepatan pancaran air, selanjutnya dapat menghitung diameter nosel menggunakan rumus berikut.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot c_1}} \quad (3)$$

Keterangan:

c_1 = Kecepatan pancaran air (m/s)

k_c = Koefisien nosel (0,98)

d = Diameter nosel (m)

Untuk mengetahui ukuran dari diameter sudu, dapat menggunakan rumus atau persamaan seperti mencari besar lebar sudu, kedalaman sudu, panjang sudu, lebar celah sudu, jarak bukaan sudu, serta banyak sudu sebagai berikut [7].

Besar lebar sudu

$$b = 3,2 \cdot d \quad (4)$$

Kedalaman sudu

$$t = 0,9 \cdot d \quad (5)$$

Panjang sudu

$$h = 2,7 \cdot d \quad (6)$$

Jarak bukaan sudu

$$h_1 = 0,35 \cdot d \quad (7)$$

Lebar celah sudu

$$a = 1,2 \cdot d \quad (8)$$

Banyak sudu

$$z = \frac{D \cdot \pi}{d \cdot 2} \quad (9)$$

Keterangan:

b = Lebar sudu (m)

t = Kedalaman sudu (m)

h = Panjang sudu (m)

h_1 = Jarak bukaan sudu (m)

a = Lebar celah sudu (m)

z = Banyak sudu

D = Diameter runner (m)

Setelah pembahasan diatas, diameter runner perlu dihitung dengan kecepatan putar yang akan digunakan seberapa banyaknya. Kecepatan putar runner terdapat pada rumus berikut.

$$u_1 = k_u \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (10)$$

Selanjutnya, luas diameter runner dikalkulasikan dengan memasukkan kecepatan putar yang sudah dihitung pada persamaan sebelumnya. Berikut rumus diameter runner yang akan digunakan.

$$D = \frac{60 \cdot u_1}{\pi \cdot n_0} \quad (11)$$

Keterangan:

u_1 = Kecepatan putaran pada runner (*m/s*)

k_u = Koefisien (0,49)

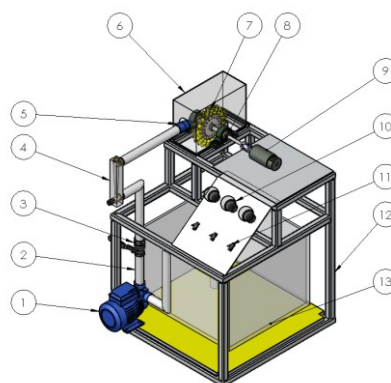
d_a = Diameter luar runner (*m*)

n_0 = Kecepatan putaran turbin atau generator (*rpm*)

Dari hasil perhitungan menggunakan rumus atau persamaan sebelumnya yang sudah dilakukan untuk membuat Turbin Pelton Mikrohidro, dapat dihasilkan perhitungan sebagai berikut ini :

- Kapasitas pompa (Q) : 36 Liter per Menit
- Sudut sudu : 165 °
- Kedalaman pada sudu (t) : 8,4 mm
- Panjang pada sudu (h) : 25.25 mm
- Lebar pada sudu (b) : 29 mm
- Jumlah sudu (z) : 18 buah
- Diameter runner (D) : 110 mm, 115 mm, dan 120 mm
- Diameter nosel (d) : 9 mm, 10 mm, dan 11 mm
- Jarak pusat pancaran air : 12 cm, 13 cm, dan 14 cm

Pembuatan Alat Uji



Gambar 2. Instalasi prototype turbin pelton

Keterangan dari gambar prototype turbin pelton:

- | | |
|------------------------------------|--------------------------------|
| 1. Mesin Pompa Air | 8. Bearing <i>pillow block</i> |
| 2. Pipa Berdiameter satu (1) inchi | 9. Generator DC |

- | | |
|--|---------------------------------|
| 3. Katup Bola Air Kuningan (<i>Ball Valve</i>) | 10. Lampu tiga buah |
| 4. Flowmeter Kapasitas 70 LPM | 11. Saklar <i>Switch on off</i> |
| 5. Nosel | 12. Rangka Turbin |
| 6. Rumah Turbin | 13. Reservoir Turbin |
| 7. Runner dan sudu | |

Langkah-langkah Pengujian

1. Siapkan semua alat yang digunakan dalam proses ini.
2. Isi barang untuk menaruh air dengan air.
3. Atur turbin yang ada didalamnya berupa diameter runner, sudut nosel, jarak pancaran air, dan diameter nosel yang sesuai dengan variasi yang akan digunakan dalam percobaan ini.
4. Hidupkan pompa air. Setelanya buka valve secara penuh.
5. Hidupkan lampu digunakan untuk pembebanan dengan mengganti tombol saklar ke posisi ON yang berjumlah tiga buah lampu.
6. Setelah itu, dilakukan pengambilan data hasil pengujian yang akan didapatkan:
 - a. Besar debit air yang ditunjukkan flowmeter (lpm).
 - b. Besar putaran runner turbin (rpm)
 - c. Voltage atau tegangan listrik
 - d. Ampere atau arus listrik
7. Setelah hal tersebut dilaksanakan atau dijalankan, selanjutnya katup air ditutup.
8. Kemudian matikan pompa air.
9. Selesai pengujian yang dilakukan dengan Langkah diatas.

Perhitungan Performa Turbin

Pada kali ini, dibahas mengenai performa pada turbin. Untuk hasil yang maksimal, digunakan perhitungan performa turbin, diantaranya menghitung kapasitas aliran atau seberapa besar luas pancaran air yang digunakan terhadap kecepatan aliran. Berikut ini cara menghitung kapasitas aliran menggunakan persamaan dibawah ini [9].

$$Q = A \cdot v \quad (12)$$

Keterangan:

v = Kecepatan aliran air (m/s)

A = Luas jet air (m)

Pada bagian turbin terdapat torsi turbin. Torsi turbin dapat digunakan persamaan atau rumus dibawah ini [9].

$$T = F \cdot r \quad (13)$$

Keterangan:

T = Torsi turbin (Nm)

r = Jari-jari pada runner (m)

F = Gaya tangensial (N)

Kecepatan angular pada performa turbin juga penting untuk mengetahuinya. Oleh karena itu didapatkan persamaan seperti dibawah ini [9].

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (14)$$

Keterangan:

ω = Kecepatan angular (rad/s)

n = Putaran runner turbin (*rpm*)

Pada prinsip Bernoulli yang sudah dijelaskan, didapatkan tentang seberapa besar minus atau rugi dalam aliran pipa untuk mengetahui seberapa besarnya head pompa. Dengan pernyataan tersebut, didapatkan cara perhitungan yang benar menggunakan persamaan berikut [10].

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} - \frac{V_2^2 - V_1^2}{2 \cdot g} + (z_d - z_s) + h_{ls} \quad (15)$$

Keterangan:

H_p = Head pompa air (<i>m</i>)	g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
P_2 = Tekanan <i>discharge</i> (N/m^2)	z_s = Jarak hisap pada pipa terhadap pompa (<i>m</i>)
P_1 = Tekanan <i>suction</i> (N/m^2)	z_d = Jarak dorong pada pipa terhadap pompa (<i>m</i>)
V_2 = Kecepatan aliran air dorong (m/s)	h_{ls} = Head <i>loss total</i> (<i>m</i>)
V_1 = Kecepatan aliran air hisap (m/s)	

Tidak hanya besar pada head pompa, juga perlu diketahui bagaimana untuk menentukan besar daya hidrolis yang akan digunakan persamaan dibawah ini [10].

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (16)$$

Keterangan:

P_h = Daya hidrolis (<i>Watt</i>)	g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
Q = Debit air (m^3/s)	ρ = Massa jenis air (1000 kg/m^3)
H = Head (<i>m</i>)	

Selain menentukan besaran daya hidrolis, juga ada cara menentukan seberapa besarnya daya turbin yang akan digunakan menggunakan persamaan dibawah ini [9].

$$P_t = T \cdot \omega \quad (17)$$

Keterangan:

P_t = Daya turbin (<i>Watt</i>)
ω = Kecepatan angular (rad/s)
T = Torsi turbin (<i>Nm</i>)

Gunakan persamaan berikut untuk mendapatkan besar daya generator yang digunakan dalam alat uji ini [10].

$$P_g = V \cdot I \quad (18)$$

Di mana:

P_g = daya generator (<i>watt</i>)
I = arus listrik (<i>ampere</i>)
V = tegangan listrik (<i>volt</i>)

Berikut cara menentukan efisiensi system turbin dengan menggunakan persamaan dibawah ini [10].

$$\eta_s = \frac{P_t}{P_h} \times 100\% \quad (19)$$

Keterangan:

η_s = Efisiensi turbin pelton (%)
P_h = Daya air (<i>Watt</i>)
P_t = Daya yang dihasilkan turbin pelton (<i>Watt</i>)

Hasil dan Pembahasan

Pada bab kali ini, berupa Hasil dan Pembahasan menyajikan beberapa analisis data serta pembahasan tentang pengaruh diameter runner, sudut nosel, jarak jet atau pancaran air, dan diameter nosel pada kinerja Turbin Pelton. Pada percobaan ini, data diambil sebanyak tiga kali untuk setiap variasi atau variabel. Setelah data percobaan setiap variabel diperoleh, maka dilakukan perhitungan rata-rata yang kemudian rata-rata tersebut digunakan untuk menghitung efisiensi Turbin Pelton untuk setiap variabel.

Tabel 1. Data hasil pengujian pada variasi diameter runner dan sudut nosel

Variasi		Nilai			
Sudut Nosel (°)	Diameter Runner (mm)	Debit Air (lpm)	Putaran (rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus Listrik (Ampere)
0°	110		454,07	8,94	0,73
	115		433,17	8,90	0,65
	120	23	413,53	8,83	0,62
45°	110		410,50	8,46	0,56
	115		379,47	7,46	0,44
	120	23	352,40	7,33	0,42
60°	110		422,4	8,54	0,61
	115		401,83	7,74	0,51
	120	23	383,13	7,54	0,48

Tabel 2. Data hasil pengujian pada variasi jarak pancaran air dan diameter nosel

Variasi		Nilai			
Jarak Pancaran Air (cm)	Diameter Nosel (mm)	Debit Air (lpm)	Putaran (rpm)	Tegangan Listrik (Volt)	Arus Listrik (Ampere)
12	9		459,70	8,94	0,73
	10		426,17	8,62	0,52
	11	23	355,03	7,54	0,44
13	9		446,73	8,90	0,64
	10		404,20	8,54	0,50
	11	23	333,07	7,46	0,37
14	9		436,27	8,83	0,62
	10		388,23	8,46	0,48
	11	23	324,40	7,33	0,31

Berikut ini hasil kalkulasi kapasitas aliran turbin pelton berdasarkan luas pipa serta kecepatan jet air atau pancaran air.

Tabel 3. Hasil perhitungan kapasitas aliran pada variasi diameter runner dan sudut nosel

Variasi		Debit Air		Luas Permukaan Pipa (m)	Kecepatan Pancaran Air (m/s)
Sudut Nosel (°)	Diameter Runner (mm)	Q (lpm)	Q (m ³ /s)		
0°	110			0,0000636	6,029

ANALISA PENGARUH DIAMETER RUNNER, SUDUT NOSEL, JARAK...

	115	23	0,00038	0,0000636	6,029
	120			0,0000636	6,029
	110			0,0000636	6,029
45°	115	23	0,00038	0,0000636	6,029
	120			0,0000636	6,029
	110			0,0000636	6,029
60°	115	23	0,00038	0,0000636	6,029
	120			0,0000636	6,029

Tabel 4. Hasil perhitungan kapasitas aliran pada variasi jarak pancaran air dan diameter nosel

Jarak Pancaran Air (cm)	Variasi		Debit Air		Luas Permukaan Pipa (m)	Kecepatan Pancaran Air (m/s)
	Diameter Nosel (mm)	Q (lpm)	Q (m ³ /s)			
12	9				0,000636	6,029
	10	23	0,00038		0,000785	4,883
	11				0,000950	4,036
13	9				0,000636	6,029
	10	23	0,00038		0,000785	4,883
	11				0,000950	4,036
14	9				0,000636	6,029
	10	23	0,00038		0,000785	4,883
	11				0,000950	4,036

Tabel 5. Hasil kecepatan anguler dan perhitungan torsi pada variasi diameter runner dan sudut nosel

Sudut Nosel (°)	Variasi		Kecepatan Keliling (m/s)	Gaya Tangensial (N)	Torsi Turbin (Nm)	Kecepatan Anguler (rad/s)
	Diameter Runner (mm)					
0°	110		2,614	2,573	0,142	47,5
	115		2,607	2,579	0,148	45,3
	120		2,597	2,586	0,155	43,3
45°	110		2,363	2,762	0,152	43,0
	115		2,284	2,822	0,162	39,7
	120		2,213	2,875	0,173	36,9
60°	110		2,425	2,716	0,149	44,1
	115		2,418	2,271	0,156	42,1
	120		2,406	2,730	0,164	40,1

Tabel 6. Hasil perhitungan torsi dan kecepatan anguler pada variasi jarak pancaran air dan diameter nosel

Jarak Pancaran Air (cm)	Variasi		Kecepatan Keliling (m/s)	Gaya Tangensial (N)	Torsi Turbin (Nm)	Kecepatan Anguler (rad/s)
	Diameter Nosel (mm)					
12	9		2,646	2,549	0,140	48,1

	10	2,453	1,831	0,101	44,6
	11	2,044	1,501	0,083	37,2
	9	2,572	2,605	0,143	46,8
13	10	2,327	1,926	0,106	42,3
	11	1,917	1,596	0,088	34,9
	9	2,511	2,651	0,146	45,7
14	10	2,235	1,996	0,110	40,6
	11	1,867	1,634	0,090	34,0

Tabel 7. Hasil perhitungan head pompa pada variasi diameter runner dan sudut nosel

Variasi		Reynold	Koefisien Gesek	Pipa Hisap	Pipa Dorong	Head (<i>mka</i>)
Sudut Nosel (°)	Diameter Runner (mm)			Head Loss	Head Loss	
0°	110	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,886	10,573
	115	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,886	10,573
	120	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,886	10,573
45°	110	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,710	10,397
	115	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,710	10,397
	120	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,710	10,397
60°	110	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,757	10,445
	115	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,757	10,445
	120	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,757	10,445

Tabel 8. Hasil perhitungan head pompa pada variasi jarak pancaran air dan diameter nosel

Variasi		Reynold	Koefisien Gesek	Pipa Hisap	Pipa Dorong	Head (<i>mka</i>)
Jarak Pancaran Air	Diameter Nosel			Head Loss	Head Loss	
12	9	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,886	10,573
	10	$144,25 \times 10^{-3}$	0,0162	2,186	3,249	7,184
	11	$119,22 \times 10^{-3}$	0,0170	1,507	2,247	5,118
13	9	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,875	10,562
	10	$144,25 \times 10^{-3}$	0,0162	2,186	3,241	7,177
	11	$119,22 \times 10^{-3}$	0,0170	1,507	2,241	5,112
14	9	$178,09 \times 10^{-3}$	0,0154	3,300	4,863	10,551
	10	$144,25 \times 10^{-3}$	0,0162	2,186	3,233	7,169
	11	$119,22 \times 10^{-3}$	0,0170	1,507	2,236	5,107

Tabel 9. Hasil perhitungan performa pada turbin pelton pada variasi diameter runner dan sudut nosel

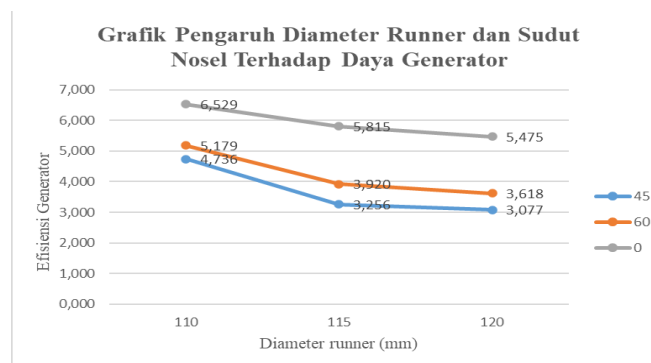
Variasi		Performa Turbin			
Sudut Nosel (°)	Diameter Runner (mm)	Daya Hidrolis (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Daya Listrik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
0°	110	39,720	6,727	6,529	16,93
	115	39,720	6,722	5,815	16,92
	120	39,720	6,716	5,475	16,91

45°	110	43,934	6,528	4,736	14,86
	115	43,934	6,445	3,256	14,67
	120	43,934	6,364	3,077	14,48
60°	110	40,142	6,585	5,179	16,40
	115	40,142	6,580	3,920	16,39
	120	40,142	6,569	3,618	16,36

Tabel 10. Hasil perhitungan performa turbin pada variasi jarak pancaran air dan diameter nosel

Variasi Jarak Pancaran Air (cm)	Diameter nosel (mm)	Performa Turbin			
		Daya Hidrolis (Watt)	Daya Turbin (Watt)	Daya Listrik (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
12	9	39,720	6,745	6,529	16,98
	10	26,990	4,492	4,454	16,64
	11	19,226	3,068	3,291	15,96
13	9	39,678	6,700	5,726	16,89
	10	26,961	4,483	4,240	16,63
	11	19,205	3,061	2,784	13,93
14	9	39,635	6,657	5,475	16,79
	10	26,931	4,460	4,059	16,56
	11	19,184	3,051	2,271	15,91

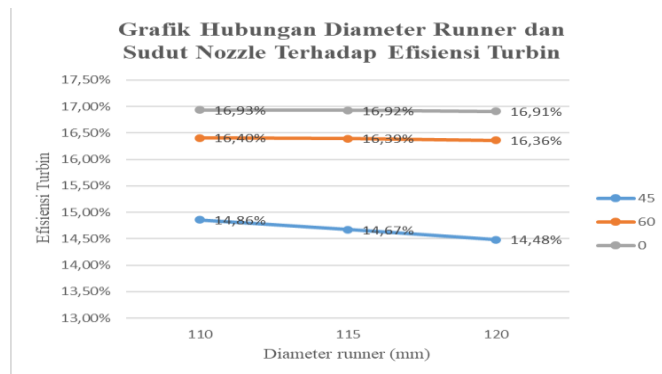
Selanjutnya dapat dibuat plot berupa grafik yang memiliki efek atau pengaruh dari diameter runner, sudut nosel, jarak jet, serta diameter nosel didasarkan pada nilai kinerja turbin yang diketahui.



Gambar 5. Grafik pengaruh diameter runner dan sudut nosel terhadap daya generator

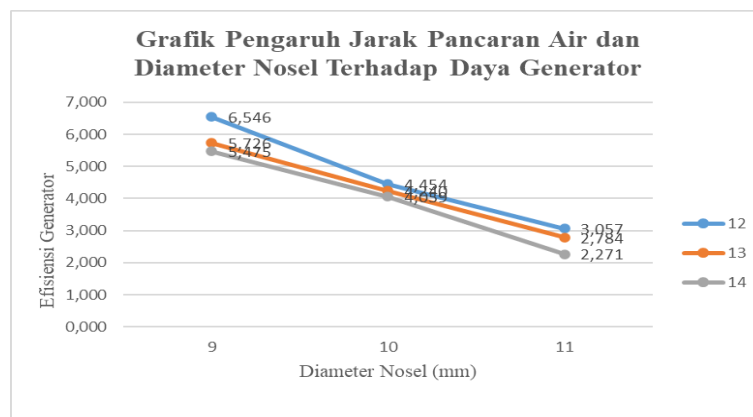
Putaran poros turbin yang tersambung oleh poros generator disebut sebagai daya generator. Tegangan dan arus dihasilkan dari perputaran generator dan stator yang dihasilkan. Dari gambar grafik hubungan antara efek diameter runner dan sudut nosel pada daya generator serta pada diagram tersebut terlihat nilai tertinggi terdapat pada variasi sudut nosel 0° dengan diameter runner 110 mm menghasilkan daya generator 6,529 watt, sedangkan nilai terendah terdapat pada variasi sudut nosel 45° dengan diameter runner 120 mm menghasilkan daya generator 3,077 watt. Mengenai sudut

nosel yang menghasilkan daya generator tertinggi adalah 0° dan daya generator terendah adalah 45°.



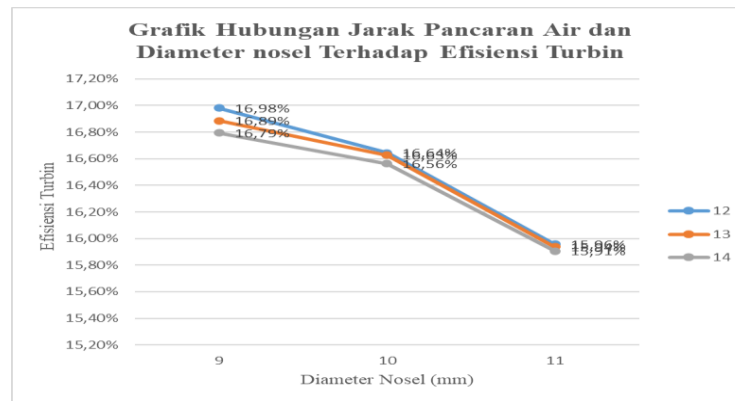
Gambar 6. Grafik pengaruh diameter runner dan sudut nosel terhadap efisiensi turbin

Pada rasio energi yang dimasukkan berupa daya hidrolis terhadap energi yang dihasilkan berupa daya turbin disebut efisiensi turbin. Gambar 6 menunjukkan hubungan antara diameter runner dan sudut nosel pada efisiensi turbin, serta terlihat bahwa efisiensi maksimum turbin berada pada variasi diameter runner ukuran 110 mm dan sudut nosel 0°. Efisiensi turbin mengalami penurunan pada variasi sudut nosel 45° dan ukuran diameter runner 120 mm.



Gambar 7. Grafik pengaruh jarak pancaran air dan diameter nosel terhadap daya generator

Pengaruh jarak pancar dan diameter nosel terhadap daya generator dari gambar grafik dan grafik terlihat bahwa nilai maksimum terdapat pada variasi jarak pancar 12 cm dengan diameter nosel 7 mm, yang menghasilkan daya generator sebesar 6,546 watt, sedangkan nilai terendah pada variasi jarak pancaran air 14 cm dengan diameter nosel 11 mm, yang menghasilkan daya generator sebesar 2,271 watt. Sedangkan diameter nosel yang menghasilkan daya generator terbesar adalah 9 mm dan daya generator terkecil adalah dengan diameter nosel 11 mm.



Gambar 8. Grafik pengaruh jarak pancaran air dan diameter nosel terhadap efisiensi turbin

Pada bab sebelumnya juga pernah dibahas mengenai rasio energi yang dimasukkan berupa daya hidrolis terhadap energi yang dihasilkan berupa daya turbin disebut efisiensi turbin. Gambar 8 menunjukkan hubungan antara jarak pancaran air atau jet dan diameter nosel pada efisiensi turbin, serta terlihat bahwa efisiensi maksimum turbin berada pada variasi diameter nosel ukuran 9 mm dan jarak jet atau pancaran air sebesar 12 cm. Efisiensi turbin mengalami penurunan pada variasi jarak jet atau pancaran air sebesar 14 cm dan besar diameter nosel sebesar 11 mm.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang berjudul “Analisa Pengaruh Diameter Runner, Sudut Nosel, Jarak Pancaran Air, Dan Diameter Terhadap Performa Turbin Pelton Mikrohidro” dapat disimpulkan:

Daya generator menjadi lebih besar seiring dengan bertambahnya kecepatan air yang bekerja pada turbin. Pada variasi diameter runner 110 mm dan sudut nosel 0° menghasilkan daya generator tertinggi dengan nilai 6,529 Watt, Sedangkan pada variasi jarak pancaran air 12 cm dan diameter nosel 9 mm menghasilkan daya generator tertinggi dengan nilai 6,546 Watt. Rasio energi yang dimasukkan berupa daya hidrolis terhadap energi yang dihasilkan berupa daya turbin disebut efisiensi turbin. Pada variasi diameter runner 110 mm dan sudut nosel 0° , menghasilkan efisiensi turbin tertinggi dengan nilai 16,93%, sedangkan pada variasi jarak pancaran air 12 cm dan diameter nosel 9 mm, menghasilkan efisiensi turbin tertinggi dengan nilai 16,98%

Sedangkan pengujian dengan variasi jarak pancaran air dan diameter nosel yang telah dilakukan, jarak jet atau pancaran air berpengaruh terhadap kecepatan putaran turbin pelton, menyebabkan nilai daya generator dan efisiensi turbin naik seiring dengan dekat jarak pancaran air dan juga diameter nosel yang dipakai juga berpengaruh kepada nilai dari kinerja turbin. Diameter nosel yang mendapat kinerja tertinggi adalah diameter nosel 9 mm yang sesuai dengan persamaan perencanaan desain diameter nosel.

Daftar Pustaka

- E, P., 2015. . NOZZLE DAN SUDUT BUANG SUDU TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI MODEL TURBIN PELTON DI LAB. FLUIDA. s.l.:s.n.
- Kholifah N, S. A. W. D. W. I. S. H., 2018. Performance of Pelton Turbine for Hydroelectric Generation in Varying Design Parameters. IOP Conf Ser Mater Sci Eng, Volume Vol 288.
- Kurniawan Y, E. A. I., 2017. Pengaruh Jarak dan Posisi Nozle Terhadap Daya Turbin Pelton. Jurnal Teknik Pertanian, p. 5:275–82.
- Mafruddin, I. R. S. N. R. N. I. D., 2019. Pengaruh Jumlah Sudu dan Diameter Nozel Terhadap Kinerja Turbin Pelton. TURBO, p. 8:214–8.
- M, E., 1991. Micro Pelton Turbines. In: St. Gallen, Eschborn: s.n.
- Rizky Barus M, K. F., 2022. RESPON KINERJA TURBIN PELTON DENGAN DIAMETER NOZLE ALIRAN TEKANAN AIR. s.l.:Online.
- Saputra IMAT, J. L. W. I., 2020. PENGARUH TEKANAN AIR DAN SUDUT NOZZLE TERHADAP KARAKTERISTIK OUTPUT PADA PROTOTYPE PLTMH DENGAN TURBIN PELTON. p. 7:17–26..
- W, P., 2007. Turbin Air. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yani A, S. B. R., 2018. ANALISIS JUMLAH SUDU MANGKUK TERHADAP KINERJA TURBIN PELTON PADA ALAT PRAKTIKUM TURBIN AIR. s.l.:TURBO.
- Z, Z., 2016. Pelton Turbines. Zurich: Springer.