

Perlakuan Variasi Sudut Air Datang pada Sudu 8/16/32 Terhadap Peningkatan Efisiensi Turbin

Muhammad Alif Kurnawan^{1*}, Shinta Ningrat¹, Ferro Aji¹

¹Teknik Mesin Kilang, Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Indonesia

ABSTRAK

Turbin air adalah alat yang menghasilkan energi listrik dari sumber energi terbarukan yang dapat dihasilkan melalui aliran air. Adapun faktor penting dalam meningkatkan efisiensi turbin air yaitu kemiringan dan bentuk sudu turbin. Sudu merupakan elemen penting dalam turbin air yang fungsi untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanis yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Pada penelitian ini variasi yang diambil yaitu sudu 8/16/32 dan variasi sudut air datang yaitu kemiringan 45°, 60°, 75°. Sudut air datang termasuk salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin karena dapat mempengaruhi efisiensi dan daya yang dihasilkan. Pada percobaan yang telah kami lakukan hasil praktikum dan analisis data, pada sudu 8 kemiringan yang paling efisien terdapat pada kemiringan 75° yang mampu menghasilkan daya sebesar 2,19 W pada frekuensi 57 Hz dengan efisiensi sebesar 39,5%, pada sudu 8 kemiringan yang paling efisien terdapat pada kemiringan 75° yang mampu menghasilkan daya sebesar 3,40 W pada frekuensi 57 Hz dengan efisiensi sebesar 61,3%, pada sudu 32 kemiringan yang paling efisien terdapat pada kemiringan 75° yang mampu menghasilkan daya sebesar 3,48 W pada frekuensi 54 Hz dengan efisiensi sebesar 62,7 %.

Kata kunci: Turbin Air, Efisiensi Turbin, Variasi Sudu, Variasi Kemiringan Air Datang

 shintangrt63@gmail.com

1. Pendahuluan

Energi air dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik dengan memanfaatkan tenaga potensial yang tersedia (potensi air terjun dan kecepatan aliran) [1]. Turbin air adalah perangkat penting dalam menghasilkan energi listrik dari sumber energi terbarukan yang dapat dihasilkan melalui aliran air terjun, aliran sungai, atau bendungan. Menurut sejarahnya turbin hidrolik sekurang-berasal dari kincir-kincir air pada jaman abad pertengahan yang dipakai untuk memecah

batu bara, keperluan pabrik gandum, dan lain-lain [2].

Salah satu faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi turbin air adalah desain sudu turbin. Sudu merupakan elemen penting dalam turbin air yang bertanggung jawab untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanis yang dapat digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Desain sudu yang tepat dapat meningkatkan efisiensi turbin dengan mengoptimalkan aliran fluida melalui turbin dan mengurangi kerugian energi.

Pada penelitian ini sudu yang diambil yaitu sudu 8/16/32, angka tersebut mengacu pada jumlah sudu yang digunakan dalam turbin. Adapun variasi sudut air datang pada kemiringan $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ yang merujuk pada perubahan sudut di mana air memasuki sudu turbin. Sudut air datang adalah salah satu faktor yang memengaruhi kinerja turbin karena dapat memengaruhi efisiensi dan daya yang dihasilkan [3].

Dalam industri pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin adalah salah satu komponen penting untuk menghasilkan energi listrik selain generator [4]. Turbin air bekerja dengan cara memanfaatkan aliran air yang jatuh dari lubang Nozzel, kemudian aliran yang melalui Nozzel air akan mendorong sudu-sudu turbin sehingga sudu turbin dapat berputar. Putaran sudu turbin ini kemudian diteruskan ke generator untuk menghasilkan listrik.

Turbin pelton merupakan turbin impuls, yaitu energi kinetik air sebagai penggerakannya. Semprotan air yang berkecepatan tinggi mengenai sudu dan setelah menggerakkan runner air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti Sebagian energinya tidak diserap oleh runner. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer [5]. Pengaplikasian turbin pelton menghasilkan daya yang besar dari pembangkitan dan menggunakan konstruksi yang sederhana.

Selain itu, mudah dalam perawatannya dan teknologi yang digunakan sederhana sehingga mudah untuk diterapkan didaerah terisolir [6].

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan yang memodifikasi simulator turbin air yang dirancang dan dibuat oleh penulis sebelumnya tahun (2022) dengan metode yang berbeda dari penelitian sebelumnya, metode sebelumnya hanya menggunakan satu kemiringan sudut yaitu pada sudut 60° yang masih kurang efisien jika diarahkan pada sudu 8/16/32, maka dari itu penelitian ini dilakukan modifikasi dengan menambahkan dua kemiringan sudut yaitu kemiringan 45° dan 75° , sehingga percobaan ini dilakukan pada kemiringan $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$ pada sudu 8/16/32. Jumlah sudu pada turbin sangat mempengaruhi putaran turbin untuk itu penelitian ini diarahkan untuk menentukan jumlah sudu serta sudut kemiringan air yang tepat untuk menghasilkan efisiensi turbin yang paling baik [7].

2. Metode dan Bahan-bahan

Penelitian ini menggunakan turbin pelton sebagai objek studi yang terdiri dari beberapa sudu dan kemiringan yaitu sudu 8/16/32 dan kemiringan nozzel $45^\circ, 60^\circ, 75^\circ$, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Turbin Pelton

2.1 Bahan-bahan

Pada penelitian ini bahan – bahan dan alat yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- a. *Inverter*, berfungsi untuk mengatur frekuensi putara pada pompa



Gambar 2. Inverter

- b. *Valve*, berfungsi untuk membuka atau menutup aliran



Gambar 3. Valve

- c. *Nozzel*, tempat keluarnya air jatuh



Gambar 4. Nozzel

- d. *Pressure Indicator*, untuk mengukur tekanan fluida



Gambar 5. Pressure Indicator

- e. *Flowmeter Digital*, untuk mengukur laju aliran



Gambar 6. Flowmeter Digital

- f. *Generator*, generator berfungsi mengubah gaya mekanik menjadi daya listrik



Gambar 7. Generator

- g. Pompa Air *Centrifugal Type Ebara CDS/I 200/12IE3*, berfungsi untuk memopa fluida dari bak

- h. *Tachometer*, alat untuk mengukur putaran poros turbin pada *generator*
- i. *Multimeter*, alat untuk mengukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan
- j. Sudu 8/16/32, variasi sudu yang akan digunakan

2.2 Metode

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024 yang bertempat di Bengkel Mekanik Nglajo, Cepu. Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen.

Aliran air yang keluar dari lubang *nozzel* akan diarahkan ke sudu-sudu turbin sehingga mendorong sudu turbin untuk berputar, putaran turbin akan diteruskan ke *generator* untuk menghasilkan listrik kemudian diambil data hasil pengoperasian pada setiap

sudu dan setiap sudut, instrument penelitian yang digunakan untuk memperoleh data yaitu *pressure indicator*, *flowmeter digital*, *inverter*, *tachometer* dan *multimeter*.

3. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini data yang diperoleh dari hasil uji variasi sudut air datang pada sudu 8/16/32 pada kemiringan 45°,60°,75° turbin air adalah kecepatan putaran turbin (rpm), tegangan (V), intensitas arus (I), daya listrik (P), dan efisiensi turbin. Tabel-tabel berikut merupakan hasil perhitungan dari persamaan diatas dengan variasi jumlah sudu (8, 16, dan 32) dan variasi kemiringan sudut air datang (45°,60°, dan 75°). Sedangkan hasil perbandingan ditunjukkan Gambar 8-10 pada kemiringan 45°,60°, dan 75° pada Sudu 8/16/32.

Tabel 1. Hasil Data Sudu 8 Kemiringan 45°

Sudu 8 Kemiringan 45°								
No	Frekuensi (Herzt)	Flow (L/min)	Pressure (kg/cm2)	Putaran Turbin (Rpm)	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Daya Watt	Efisiensi Turbin %
1	36	0,17	0,5	138,4	7,1	0,06	0,426	7,7
2	39	0,19	0,6	150,7	7,2	0,07	0,504	9,1
3	42	0,21	0,8	168,5	7,6	0,08	0,608	11,0
4	45	0,22	0,9	180,8	8,3	0,09	0,747	13,5
5	48	0,23	1	195,9	9	0,1	0,9	16,2
6	51	0,25	1,2	213	9,5	0,11	1,045	18,8
7	54	0,25	1,3	229,5	9,5	0,11	1,045	18,8
8	57	0,26	1,4	251	9,7	0,12	1,164	21,0
9	60	0,26	1,4	272,1	9,8	0,12	1,176	21,2
10	63	0,26	1,5	285	9,8	0,12	1,176	21,2

Tabel 2. Hasil Data Sudu 8 Kemiringan 60°

Sudu 8 Kemiringan 60°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	51	0,5	1,2	160,4	6,7	0,05	0,335	6,0
2	53	0,5	1,2	185,3	6,7	0,06	0,402	7,2
3	55	0,5	1,2	192,75	6,7	0,07	0,469	8,5
4	57	0,5	1,3	210,7	6,8	0,07	0,476	8,6
5	59	0,5	1,3	229,5	6,9	0,07	0,483	8,7
6	61	0,5	1,3	243,7	6,9	0,07	0,483	8,7
7	63	0,5	1,3	258,8	6,9	0,07	0,483	8,7
8	65	0,5	1,5	269,5	6,9	0,07	0,483	8,7
9								
10								

Tabel 3. Hasil Data Sudu 8 Kemiringan 75°

Sudu 8 Kemiringan 75°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	30	0,1	0,1	166,7	6,7	0,05	0,335	6,0
2	33	0,14	0,3	184,3	7,3	0,06	0,438	7,9
3	36	0,15	0,5	198,5	8	0,08	0,64	11,5
4	39	0,16	0,6	200,8	8,8	0,08	0,704	12,7
5	42	0,18	0,8	226,7	9,7	0,11	1,067	19,2
6	45	0,19	0,9	233	10,6	0,12	1,272	22,9
7	48	0,2	1	248	11,4	0,14	1,596	28,8
8	51	0,21	1,2	262,8	12,1	0,15	1,815	32,7
9	54	0,22	1,2	283	12,5	0,16	2	36,0
10	57	0,23	1,3	295,1	12,9	0,17	2,193	39,5

Tabel 4. Hasil Data Sudu 16 Kemiringan 45°

Sudu 16 Kemiringan 45°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	30	0,13	0,3	123,5	6,9	0,05	0,345	6,2
2	33	0,15	0,4	134,2	7,1	0,07	0,497	9,0
3	36	0,17	0,5	155,6	7,7	0,08	0,616	11,1
4	39	0,18	0,6	168,9	8,2	0,09	0,738	13,3
5	42	0,2	0,8	197,7	8,9	0,11	0,979	17,6
6	45	0,22	1	210,9	9,4	0,12	1,128	20,3
7	48	0,24	1,2	224,9	10,2	0,14	1,428	25,7
8	51	0,25	1,2	237,3	10,8	0,15	1,62	29,2
9	54	0,26	1,2	246,6	11,1	0,17	1,887	34,0
10	57	0,26	1,4	253,2	11,4	0,21	2,394	43,1

Tabel 5. Hasil Data Sudu 16 Kemiringan 60°

Sudu 16 Kemiringan 60°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	39	0,14	0,5	133,7	6,9	0,06	0,414	7,5
2	42	0,16	0,9	144,3	6,7	0,07	0,469	8,5
3	45	0,17	1	152,9	7,3	0,08	0,584	10,5
4	48	0,18	1,2	165,3	7,7	0,09	0,693	12,5
5	51	0,18	1,2	170,5	8	0,1	0,8	14,4
6	54	0,19	1,4	182,1	8,3	0,11	0,913	16,5
7	57	0,19	1,4	195	8,5	0,11	0,935	16,8
8	60	0,2	1,4	217	8,7	0,12	1,044	18,8
9	63	0,21	1,5	239,7	8,7	0,12	1,044	18,8
10	65	0,22	1,6	260,7	8,8	0,12	1,056	19,0

Tabel 6. Hasil Data Sudu 16 Kemiringan 75°

Sudu 16 Kemiringan 75°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	30	0,1	0,1	165,1	7,6	0,08	0,608	11,0
2	33	0,12	0,2	183,5	8,4	0,09	0,756	13,6
3	36	0,14	0,6	207	9,4	0,11	1,034	18,6
4	39	0,15	0,7	230,5	10,3	0,14	1,442	26,0
5	42	0,16	0,9	240,4	11,3	0,15	1,695	30,5
6	45	0,19	1	275,9	12,1	0,17	2,057	37,1
7	48	0,2	1,2	297,1	13,1	0,19	2,489	44,9
8	51	0,21	1,2	327	13,9	0,2	2,78	50,1
9	54	0,24	1,6	342	14,4	0,22	3,168	57,1
10	57	0,24	1,6	383	14,8	0,23	3,404	61,3

Tabel 7. Hasil Data Sudu 32 Kemiringan 45°

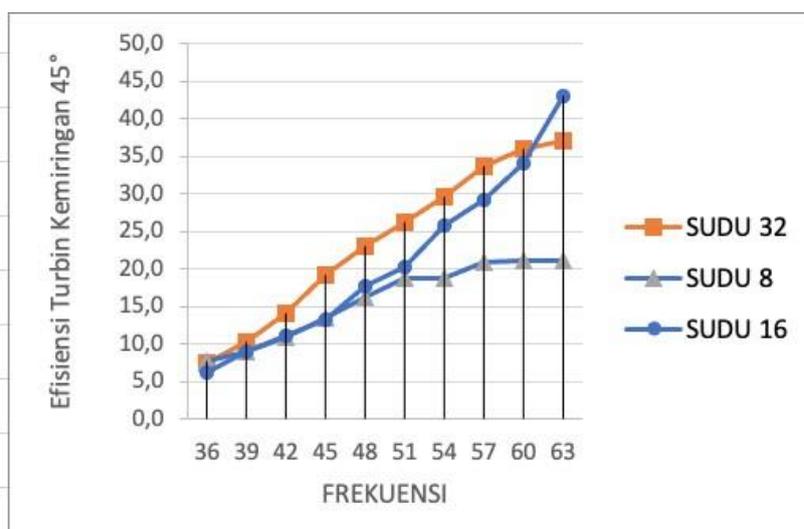
Sudu 32 Kemiringan 45°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	30	0,13	0,2	137,2	6,9	0,06	0,414	7,5
2	33	0,15	0,3	146,1	7,1	0,08	0,568	10,2
3	36	0,17	0,6	169,5	7,8	0,1	0,78	14,1
4	39	0,18	0,7	176,8	8,2	0,13	1,066	19,2
5	42	0,2	0,8	181,6	9,1	0,14	1,274	23,0
6	45	0,21	1	208,5	9,7	0,15	1,455	26,2
7	48	0,24	1,2	230,4	10,3	0,16	1,648	29,7
8	51	0,25	1,2	244,9	11	0,17	1,87	33,7
9	54	0,25	1,4	248	11,1	0,18	1,998	36,0
10	57	0,26	1,5	254,1	11,4	0,18	2,052	37,0

Tabel 8. Hasil Data Sudu 32 Kemiringan 60°

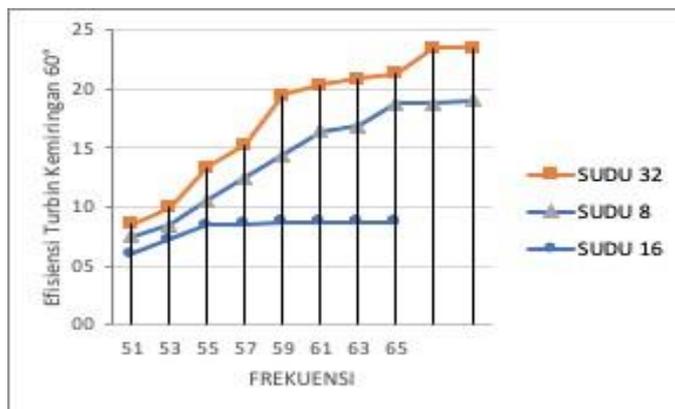
Sudu 32 Kemiringan 60°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	36	0,24	0,4	132	6,8	0,07	0,476	8,6
2	39	0,25	0,7	143,7	6,9	0,08	0,552	9,9
3	42	0,25	0,9	165,4	7,4	0,1	0,74	13,3
4	45	0,26	1	167,9	7,7	0,11	0,847	15,3
5	48	0,27	1,1	171,6	8,3	0,13	1,079	19,4
6	51	0,27	1,5	189,4	8,7	0,13	1,131	20,4
7	54	0,27	1,5	195,1	8,9	0,13	1,157	20,9
8	57	0,28	1,6	201,5	9,1	0,13	1,183	21,3
9	60	0,28	1,7	214,9	9,3	0,14	1,302	23,5
10	63	0,28	1,7	265,1	9,3	0,14	1,302	23,5

Tabel 9. Hasil Data Sudu 32 Kemiringan 75°

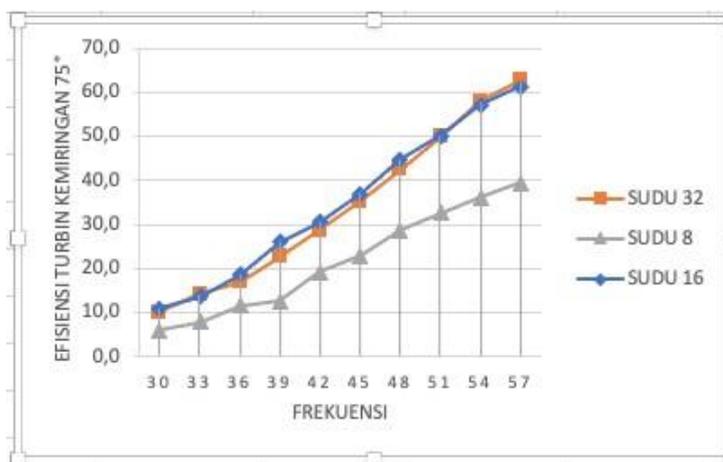
Sudu 32 Kemiringan 75°								
No	Frekuensi	Flow	Pressure	Putaran Turbin	Tegangan	Arus	Daya	Efisiensi Turbin
	(Herzt)	(L/min)	(kg/cm2)	(Rpm)	(volt)	(Ampere)	Watt	%
1	27	0,1	0,2	150	7,1	0,08	0,568	10,2
2	30	0,12	0,2	162,2	7,9	0,1	0,79	14,2
3	33	0,14	0,4	189,8	8,6	0,11	0,946	17,0
4	36	0,15	0,6	213,1	9,7	0,13	1,261	22,7
5	39	0,17	0,7	236,6	10,6	0,15	1,59	28,7
6	42	0,19	0,8	255,4	11,5	0,17	1,955	35,2
7	45	0,2	0,9	275,4	12,4	0,19	2,356	42,5
8	48	0,21	1,2	296,6	13,2	0,21	2,772	50,0
9	51	0,22	1,5	315	14	0,23	3,22	58,0
10	54	0,24	1,6	325,8	14,5	0,24	3,48	62,7



Gambar 8. Grafik Kemiringan 45°



Gambar 9. Grafik Kemiringan 60°



Gambar 10. Grafik Kemiringan 75°

4. Analisa

Saat penelitian diketahui beberapa data sebagai berikut :

- Tinggi jatuh air : 40 cm (0,4 m)
- Debit air : 85 l/min (0,001417 m³/s)
- ρ air : 998,2 kg/m³
- Percepatan gaya gravitasi : 9,81 m/s²

Daya potensial adalah daya yang dihitung berdasarkan energi potensial air jatuh dari ketinggian tertentu, daya ini menentukan seberapa banyak energi yang bisa dikonversi menjadi listrik oleh turbin dan generator. Rumus yang digunakan untuk menghitung daya potensial air adalah:

$$\begin{aligned}
 P_p &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H & (1) \\
 &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,001417 \\
 &\quad \text{m}^3/\text{s} \times 0,4 \text{ m} \\
 &= 5,549 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Efisiensi dari seluruh percobaan yang telah dilakukan pada kinerja turbin yang jumlah sudunya divariasikan sebanyak 8 sudu, 16 sudu, dan 32 sudu. Dapat diketahui menggunakan rumus:

$$\eta = \frac{P}{P_p} \times 100\% \quad (2)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh hasil yaitu pada sudu 8 kemiringan 45° mampu menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 63 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,17 W dan efisiensi sebesar 21,2 %.

Kemudian, pada sudu 16 dengan kemiringan 45° menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 57 Hz serta daya yang dihasilkan sebesar 2,39 W dan efisiensi sebesar 43,1 %. Selanjutnya, pada sudu 32 kemiringan 45° menunjukkan hasil daya efisien tertinggi pada frekuensi 57 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 2,05 W dan efisiensinya sebesar 37 %.

Pada sudu 8 kemiringan 60° mampu menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 65 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 0,48 W dan efisiensi sebesar 8,7 %. Kemudian, pada sudu 16 dengan kemiringan 60° menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 65 Hz serta daya yang dihasilkan sebesar 1,05 W dan efisiensi sebesar 19 %. Selanjutnya, pada sudu 32 kemiringan 60° menunjukkan hasil daya efisien tertinggi pada frekuensi 63 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 1,30 W dan efisiensinya sebesar 23,5 %.

Pada sudu 8 kemiringan 75° mampu menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 57 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 2,19 W dan efisiensi sebesar 39 %. Kemudian, pada sudu 16 dengan kemiringan 75° menghasilkan daya efisien tertinggi pada frekuensi 57 Hz serta daya yang dihasilkan sebesar 3,40 W dan efisiensi sebesar 61 %. Selanjutnya, pada sudu 32 kemiringan 75° menunjukkan hasil daya efisien tertinggi pada frekuensi 54 Hz dengan daya yang dihasilkan sebesar 3,48 W dan efisiensinya sebesar 62,7 %.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat di simpulkan bahwa pada sudu 8 dengan kemiringan 45° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 63Hz menghasilkan daya sebesar 1,176W dengan efisiensi sebesar 21,2 %, pada kemiringan 60° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 65Hz menghasilkan daya sebesar 0,483W dengan efisiensi sebesar 8,7 %, pada kemiringan 75° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 57 Hz meng-

hasilkan daya sebesar 2,193W dengan efisiensi sebesar 39,5 %.

Pada sudu 16 dengan kemiringan 45° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 57Hz menghasilkan daya sebesar 2,394W dengan efisiensi sebesar 43,1%, pada kemiringan 60° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 65Hz menghasilkan daya sebesar 1,056W dengan efisiensi sebesar 19%, pada kemiringan 75° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 57Hz menghasilkan daya sebesar 3,404 W dengan efisiensi sebesar 61,3%.

Pada sudu 32 dengan kemiringan 45° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 57Hz menghasilkan daya sebesar 2,052W dengan efisiensi sebesar 37%, pada kemiringan 60° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 63Hz menghasilkan daya sebesar 1,302W dengan efisiensi sebesar 23,5%, pada kemiringan 75° yang paling efisien terjadi pada frekuensi 54Hz menghasilkan daya sebesar 3,48W dengan efisiensi sebesar 62,7%.

Berdasarkan perbandingan data dan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bahwa pada sudu 32 dengan kemiringan 75° adalah sudu dan kemiringan yang paling efisien karena pada frekuensi 54 Hz dapat menghasilkan daya sebesar 3,48W dan efisiensinya sebesar 62,3 %.

Daftar Pustaka

- [1] Irawan, D. (2014). Prototype Turbin Pelton Sebagai Energi Alternatif Mikrohidro Di Lampung. Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 3(1).
- [2] Arismunandar, W. (2004). "Penggerak Mula Turbin", edisi ketiga ITB, Bandung.
- [3] F. Aziz dan D. Wijiyanto, "Pengaruh Variasi Sudut Kemiringan Debit Air Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Air Vortex", hlm. 252, Nov 2021.
- [4] M. Baihaqi, "Analisa Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 16,18,20 Pada Perfoma Turbin Pelton Dengan Diametret Runner 250 Mm."

- [5] Hamidi, Supandi. Dan Rohermanto, A, (2006). "Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini Sebagai Media Simulasi/Praktikum Matakuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida" Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Pontianak.
- [6] Sitompul, R. 2011. "Teknologi Energi Terbarukan yang Tepat untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan". Jakarta : PNPM Mandiri.
- [7] Yani, A., Mustafa, D.,&Taqwa, T. (2018). "Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Sebagai Media Praktikum Mahasiswa". Turbo Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 7(1).
- [8] Yani. A, Mihdar dan Erianto. R (2016) "Pengaruh variasi bentuk sudu terhadap kinerja air turbin kinetik" (Sebagai Pembangkit Listrik Daerah Pedesaan). Jurnal Turbo No.1 Volume 5. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Metro-Lampung.
- [9] Rosmiati, R., & Yani, A. (2017). "Pengaruh Variasi Diameter Nosel Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Air". Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 6(1).
- [10] Yani, A. (2017). "Rancang Bangun Alat Praktikum Turbin Air Dengan Pengujian Bentuk Sudu Terhadap Torsi Dan Daya Turbin Yang Dihasilkan". Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 6(1).