

RANCANG BANGUN TURBIN VORTEX DENGAN SUDU BERBENTUK FLAT DAN LENGKUNG UPAYA MENINGKATKAN EFISIENSI

Afriandi Roni Yusuf Perdana, Heri Irawan, Muhammad Suprpto.

¹Teknik Mesin, 21201, Fatek, Uniska, 16620105

²Teknik Mesin, 21201, Fatek, Uniska, 1130078801

³ Teknik Mesin, 21201, Fatek, Uniska, 1120098802

Email : Afriandironi2@gmail.com

ABSTRAK

Pengukuran debit terbesar dengan nilai 7,71 l/s diuji coba dengan bukaan katup gas pompa air. Dengan penambahan debit air akan menyebabkan putaran poros turbin semakin meningkat. Putaran turbin terbesar terjadi pada sudu flat dengan 133 rpm dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 70 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% dengan torsi 0,76 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu flat dengan bukaan gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s dengan besar torsi 1,97 Nm. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 60 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,81 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 2,00 Nm. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 50 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lurus dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,73 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 1,81 Nm. Pada pengujian putaran 70 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lurus dengan nilai 14,4 Watt dengan debit 7,71 l/s. Pada lengkung sirip dengan debit 5,24 l/s terjadi penurunan dibandingkan dengan sudu berbentuk lengkung. Pada pengujian putaran 60 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lengkung sirip dengan nilai 12,5 Watt dengan debit 7,71 l/s. Sedangkan lengkung dan flat berhimpitan didebit 7,71 l/s. Pada putaran 50 rpm daya turbin paling besar dicapai pada pengujian dengan menggunakan bentuk sudu flat pada debit 7,71 l/s yaitu 5,9 Watt, sedangkan pada lengkung sirip terjadi penurunan drastis dengan nilai tertinggi 7,7 Watt. Daya potensi terbesar sebesar 30,27 Watt dengan bukaan katup gas pompa 100% atau debit air 7,71 l/s. Lengkung yang dibuat tidak terlalu besar maka hasilnya tidak berbeda jauh dari sudu berbentuk flat bahkan saat pengujian pada rpm 70 flat menjadi yang tertinggi. Nilai torsi terbaik didapatkan pada pengujian dengan sudu lengkung sirip dengan nilai 2,00 Nm, nilai gaya pengereman berpengaruh kepada torsi yang dihasilkan. Daya terbaik dihasilkan dengan pengujian pada sudu flat dengan daya 14,4 Watt dan debit 7,71 l/s.

Kata kunci : Turbin Vortex, Sudu Berbentuk Flat dan Lengkung

ABSTRACT

The measurement of the largest discharge with a value of 7.71 l/s was tested with the water pump gas valve opening. With the addition of water discharge will cause the turbine shaft rotation to increase. The largest turbine rotation occurs at flat blades with 133 rpm with a 100%

water pump gas valve opening or a water flow rate of 7.71 l/s. From the results of torsion testing carried out at 70 rpm, the smallest torque is found in the curved blade with 50% water pump gas valve opening with a torque of 0.76 Nm while the largest torque occurs in the flat blade with 100% water pump gas opening or 7.71 l discharge. / s with a large torque of 1.97 Nm. From the results of torsion testing carried out at 60 rpm, the smallest torque is found in the curved blade with a 50% water pump gas valve opening or water flow rate of 5.24 l/s with a torque of 0.81 Nm, while the largest torque occurs in the curved fin blade with valve opening. 100% water pump gas or 7.71 l/s water discharge with a torque of 2.00 Nm. From the results of torsion testing carried out at 50 rpm, the smallest torque is found in the straight blade with a 50% water pump gas valve opening or the water flow rate is 5.24 l/s with a torque of 0.73 Nm while the largest torque occurs in the curved fin blade with valve opening. 100% water pump gas or 7.71 l/s water discharge with a torque of 1.81 Nm. In the 70 rpm rotation test, the greatest power is produced by a straight blade with a value of 14.4 Watt with a flowrate of 7.71 l/s. In the curved fin with a discharge of 5.24 l/s there is a decrease compared to the curved blade. In the 60 rpm rotation test, the greatest power is produced by a curved fin blade with a value of 12.5 Watt with a flowrate of 7.71 l/s. Meanwhile, curves and flats coincide with a discharge of 7.71 l/s. At 50 rpm the maximum turbine power was achieved in the test using a flat blade at a flow rate of 7.71 l/s, which is 5.9 Watts, while in the fin curve there was a drastic decrease with the highest value of 7.7 Watts. The largest potential power is 30.27 Watt with a 100% gas pump valve opening or a water flow rate of 7.71 l/s. The curve that is made is not too big so the results are not much different from the flat blade even when testing at 70 rpm the flat is the highest. The best torque value is obtained in testing with a curved fin blade with a value of 2.00 Nm, the value of the braking force affects the torque produced. The best power is produced by testing on a flat blade with a power of 14.4 Watt and a discharge of 7.71 l/s.

Keywords : *Vortex Turbine, Flat and Curved Blades*

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan masyarakat karena hampir seluruh aktivitas manusia selalu membutuhkan energi. Sebagian besar energi yang digunakan di Indonesia khususnya masih berasal dari energi fosil yang berbentuk minyak bumi dan gas bumi. Hal tersebut juga ditambah dengan meningkatnya pertumbuhan jumlah penduduk yang semakin pesat dan diikuti dengan permintaan dan konsumsi energi listrik yang semakin tinggi.

Dari permasalahan tersebut kita harus memulai dengan berbagai opsi lain demi terciptanya energi alternatif yang dapat meminimalkan penggunaan energi fosil yang saat ini jumlahnya semakin menipis. Hal tersebut juga yang membuat banyak orang berusaha mencari sumber energi yang terbaru dan tentunya yang ramah lingkungan. Saat ini banyak sekali energi yang belum diketahui maupun energi yang belum dimanfaatkan potensinya secara baik.

Energi pada saat sekarang ini semakin berkurang akibatnya penggunaan energi fosil secara berlebihan disemua bidang, ilmuwan diseluruh dunia menyadari hal ini dan mencoba berbagai energi alternatif. Salah satu sumber energi saat ini yang banyak dilakukan penelitian adalah arus air. Penggunaan berbagai macam turbin semakin maju. Indonesia adalah negara agraris yang menghasilkan air secara terus menerus sehingga turbin air lebih diutamakan dari turbin angin karena angin di Indonesia relatif lebih stabil. Fungsi turbin angin menjadi turbin air perlu dilakukan pembelajaran lebih lanjut. Massa jenis air yang hampir 1000 kali lipat massa jenis udara menyebabkan gaya dan torsi yang mempengaruhi turbin semakin besar.

Turbin air merupakan sebuah mesin konversi energi yang mengubah energi mekanik menjadi energi kinetik kemudian menjadi energi potensial dan selanjutnya

menjadi energi listrik. Selain itu PLTMH tidak perlu membuat waduk yang besar seperti PLTA dan sebagian besar PLTMH yang ada saat ini memanfaatkan ketinggian air yang tinggi untuk menghasilkan energi listrik, sedangkan untuk aliran sungai dengan ketinggian yang rendah belum dimanfaatkan secara optimal.

Pembangkit listrik tenaga air saat ini menjadi salah satu pilihan dalam memanfaatkan sumber energi yang terbaru, tetapi pemanfaatan yang ada masih menggunakan teknologi yang lebih sederhana. Pembangkit listrik jenis ini dalam proses pembuatannya lebih ekonomis tetapi masih dalam skala yang kecil. Artinya pembangkit-pembangkit ini hanya mampu mencukupi pemakaian energi listrik untuk sejumlah rumah saja. Jenis pembangkit listrik tenaga air sering disebut microhydro atau yang sering disebut picohydro tergantung keluaran daya listrik yang dihasilkan.

Microhydro atau yang sering disebut picohydro dibuat biasanya memanfaatkan air terjun dengan ketinggian jatuh yang lebih besar. Sedangkan untuk aliran sungai dengan ketinggian jatuh yang lebih kecil belum bermanfaat secara optimal. Hal ini menjadi referensi untuk memanfaatkan aliran sungai dengan mengubahnya menjadi aliran vortex.

1.2. Batasan Masalah / Fokus Penelitian

Fokus penelitian ini bertujuan untuk membatasi masalah yang akan diteliti sehingga akan memunculkan suatu subjek penelitian agar menjadi terpusat dan terarah karena sudah diberikan batasan masalah fokus penelitian ini yaitu rancang bangun turbin vortex dengan sudu berbentuk flat dan lengkung upaya meningkatkan efisiensi.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dikemukakan, maka yang jadi pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimanakah rancang bangun turbin vortex dengan sudu berbentuk flat dan lengkung upaya meningkatkan efisiensi ?
2. Bagaimanakah pengaruh bentuk sudu flat dan sudu lengkung terhadap

kinerja yang dihasilkan oleh turbin air aliran vortex ?

1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan diatas maka tujuan penelitian yang akan ingin dicapai adalah :

1. Untuk mengetahui rancang bangun turbin vortex dengan sudu berbentuk flat dan lengkung upaya meningkatkan efisiensi.
2. Untuk mengetahui pengaruh bentuk sudu flat dan sudu lengkung terhadap kinerja yang dihasilkan oleh turbin air aliran vortex.

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Tempat yang dipilih untuk melakukan penelitian yaitu Sungai Kembang. Sungai Kembang terletak di Desa Aranio Kecamatan Aranio Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan.

Jangka waktu untuk melakukan penelitian Sungai Kembang terletak di Desa Aranio Kecamatan Aranio Kabupaten Banjar Kalimantan Selatan selama 3 bulan yaitu dari bulan Juni 2020 sampai dengan bulan September 2020.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian adalah :

1. Tachometer untuk mengukur putaran turbin.
2. Neraca digital dan tali untuk mengukur torsi turbin.
3. Alat tulis dan kertas untuk mencatat hasil pengujian.
4. Talang air untuk membantu mengarahkan air.
5. Penggaris besi untuk mengukur ketinggian air yang melewati saluran masuk.
6. Bola pimpong untuk mengukur kecepatan air.
7. Stopwatch untuk mengukur waktu pengamatan.

3.3. Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah turbin vortex dengan variasi 2 buah bentuk sudu dengan tujuan untuk menemukan opsi terbaik dalam pemilihan bentuk sudu untuk turbin vortex.

3.4. Parameter Penelitian

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rpm untuk satuan jumlah putaran, Watt untuk satuan daya turbin, persen (%) untuk satuan efisiensi, Nm untuk besaran jumlah torsi sudu dan m³/s untuk debit air.

3.5. Pemodelan Turbin

Tabel 3.1. Spesifikasi Turbin Vortex

Jenis turbin	Turbin aliran vortex
Ukuran basin	D = 0,40 m x 0,615 m
Ukuran saluran masuk	1 m x 0,15 m x 0,15 m
Ukuran diameter saluran keluar	0,12 m
Profil sudu turbin flat	t = 0,40 m, r = 0,165 m
Profil sudu turbin lengkung	t = 0,40 m, r = 0,165 m, a = 30° sudu kelengkungan 25°
Jumlah sudu	8
Bentuk basin	Tabung dengan saluran keluar berbentuk conical a = 40°
Besar sudut inlet notch	20°
Ukuran diameter pulley turbin	0,63 m

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Sudu Berbentuk Flat dan Lengkung Upaya Meningkatkan Efisiensi

4.1.1. Pengukuran Debit

Dalam pengukuran debit rumus yang digunakan yaitu persamaan 2.4. dalam menentukan Q aktual yang keluar dari turbin vortex.

$$Q = V : t$$

Untuk percobaan dengan bukaan katup gas pompa air 100% dengan tempat

ukur 18 liter dan diisi penuh memerlukan waktu 2,33 detik dan debit yang didapat yaitu:

$$Q = 18 l : 2,33 \\ = 7,71 l/s$$

Data pengukuran debit dapat dilihat pada Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Debit sebagai berikut :

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Debit

Sudu	Bukaan katup gas pompa air (%)	T rata-rata (s)	Debit (l/s)
Tanpa sudu	100%	2,33	7,71
	75%	3,01	5,99
	50%	3,43	5,24

Debit terbesar dengan nilai 7,71 l/s diuji coba dengan bukaan katup gas pompa air 100%.

4.1.2. Pengaruh Debit Terhadap Putaran Turbin

Dari pengujian yang dilakukan terhadap penambahan debit setiap bentuk variasi sudu diperoleh data seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.2. Hasil uji coba pengaruh debit terhadap putaran turbin sebagai berikut :

Tabel 4.2. Hasil Uji Coba Pengaruh Debit Terhadap Putaran Turbin

Bukaan katup gas pompa air (%)	Debit (liter)	Putaran sudu lengkung	Putaran sudu flat	Putaran sudu lengkung sirip
50%	5,24	107	112	109
75%	5,99	115	119	116
100%	7,71	128	133	129

Dengan penambahan debit air akan menyebabkan putaran poros turbin semakin meningkat. Putaran turbin terbesar terjadi pada sudu flat dengan 133 rpm dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s.

4.1.3. Torsi

Besarnya nilai torsi dicari dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$T = F \times r$$

$$F = (m_2 - m_1) g$$

Untuk semua bentuk sudu mempunyai torsi yang bervariasi dengan putaran rpm yang berbeda-beda.

Untuk percobaan sudu lengkung dengan debit 7,71 l/s dengan ml 0,24 kg, m² 1,06 kg dan diameter pulley 0,2032 m, maka dapat dihitung torsinya yaitu :

$$F = (1,06 \text{ kg} - 0,24 \text{ kg}) \times 9,81 \text{ m/s}$$

$$= 8,04 \text{ N}$$

$$T = 8,04 \text{ N} \times 0,2032 \text{ m}$$

$$= 1,63 \text{ Nm}$$

Besarnya torsi turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 70 rpm. Pada pengujian dengan putaran tetap 70 rpm, besarnya torsi turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran 70 rpm dapat dilihat pada tabel 4.3. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 70 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.3. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 70 rpm

Sudu	Debit (l/s)	ml (kg)	m ² (kg)	Torsi (Nm)
Lengkung	7,71	0,243	1,063	1,63
	5,99	0,226	0,690	0,92
	5,24	0,173	0,623	0,90
Flat	7,71	0,194	1,18	1,97
	5,99	0,183	0,786	1,20
	5,24	0,208	0,726	1,03
Lengkung Sirip	7,71	0,194	1,18	1,97
	5,99	0,19	0,751	1,12
	5,24	0,055	0,436	0,76

Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 70 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% dengan torsi 0,76 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu flat dengan bukaan gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s dengan besar torsi 1,97 Nm.

Besarnya torsi turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 60 rpm, pada pengujian dengan putaran tetap 60 rpm, besarnya torsi turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran 60 rpm dapat dilihat pada tabel 4.4. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 60 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.4. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 60 rpm

Sudu	Debit (l/s)	ml (kg)	m ² (kg)	Torsi (Nm)
Lengkung	7,71	0,323	1,31	1,97
	5,99	0,211	0,713	1,00
	5,24	0,138	0,545	0,81
Flat	7,71	0,21	1,063	1,89
	5,99	0,185	0,72	1,19
	5,24	0,08	0,506	0,94
Lengkung sirip	7,71	0,54	1,44	2,00
	5,99	0,236	0,805	1,26
	5,24	0,071	0,525	1,01

Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 60 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,81 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 2,00 Nm.

Besarnya torsi turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 50 rpm, pada pengujian dengan putaran tetap 50 rpm, besarnya torsi turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran 50 rpm dapat dilihat pada tabel 4.5. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 50 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.5. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 50 rpm

Sudu	Debit (l/s)	ml (kg)	m ² (kg)	Torsi (Nm)
Lengkung	7,71	0,221	1,116	1,78
	5,99	0,2	0,875	1,35
	5,24	0,106	0,475	0,74
Flat	7,71	0,246	1,21	1,81
	5,99	0,138	0,808	1,39
	5,24	0,043	0,396	0,73
Lengkung sirip	7,71	0,366	1,075	1,47
	5,99	0,09	0,625	1,11
	5,24	0,056	0,581	1,08

Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 50 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lurus dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,73 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan

bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 1,81 Nm.

4.1.4. Daya Turbin

Besarnya nilai daya dicari dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\begin{aligned} P &= 2 \times 3,14 \times 70 \text{ rpm} \times 1,63 \text{ Nm} : 60 \\ &= 439,6 \times 0,027 \\ &= 11,94 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Besarnya daya turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 70 rpm, pada pengujian dengan putaran tetap 70 rpm besarnya daya turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran 70 rpm dapat dilihat pada tabel 4.6. Data Hasil Perhitungan Torsi Pada Putaran 70 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.6. Data Daya Turbin 70 rpm

Sudu	Debit (l/s)	Torsi (Nm)	Daya poros (Watt)
Lengkung	7,71	1,63	12,0
	5,99	0,92	6,8
	5,24	0,90	6,6
Flat	7,71	1,87	13,7
	5,99	1,12	8,2
	5,24	0,76	5,6
Lengkung sirip	7,71	1,87	13,7
	5,99	1,12	8,2
	5,24	0,76	5,6

Pada pengujian putaran 70 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lurus dengan nilai 14,4 Watt dengan debit 7,71 l/s. Pada lengkung sirip dengan debit 5,24 l/s terjadi penurunan dibandingkan dengan sudu berbentuk lengkung.

Besarnya daya turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 60 rpm, pada pengujian dengan putaran tetap 60 rpm, besarnya daya turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran 60 rpm dapat dilihat pada tabel 4.7. Daya Turbin Pada Putaran 60 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.7. Daya Turbin Pada Putaran 60 rpm

Sudu	Debit (l/s)	Torsi (Nm)	Daya poros (Watt)
Lengkung	7,71	1,97	12,4
	5,99	1,00	6,3
	5,24	0,81	5,1
Flat	7,71	1,89	11,9
	5,99	1,19	7,4
	5,24	0,94	5,9
Lengkung sirip	7,71	2,00	12,5
	5,99	1,26	7,9
	5,24	1,01	6,3

Pada pengujian putaran 60 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lengkung sirip dengan nilai 12,5 Watt dengan debit 7,71 l/s. Sedangkan lengkung dan flat berhimpitan didebit 7,71 l/s.

Besarnya daya turbin untuk masing-masing bentuk sudu dan variasi debit pada 50 rpm, pada pengujian dengan putaran tetap 50 rpm, besarnya daya turbin pada pengujian untuk masing-masing variasi bentuk sudu putaran tetap 50 rpm dapat dilihat pada tabel 4.8. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 50 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.8. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 50 rpm

Sudu	Debit (l/s)	Torsi (Nm)	Daya poros (Watt)
Lengkung	7,71	1,78	9,3
	5,99	1,35	7,0
	5,24	0,74	3,8
Flat	7,71	1,81	9,5
	5,99	1,39	7,3
	5,24	0,73	3,8
Lengkung sirip	7,71	1,47	7,7
	5,99	1,11	5,8
	5,24	1,09	5,7

Pada putaran 50 rpm daya turbin paling besar dicapai pada pengujian dengan menggunakan bentuk sudu flat pada debit 7,71 l/s yaitu 5,9 Watt, sedangkan pada lengkung sirip terjadi penurunan drastis dengan nilai tertinggi 7,7 Watt.

4.1.5. Daya Potensi

Besarnya nilai daya potensi dicari menggunakan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned} P_{potensi} &= p \times g \times q \times \\ &= (1000 \times 9,81 \times (7,71 \text{ l/s} : 1000) \times \\ &= 75,635 \times 0,40 \text{ m} \\ &= 30,27 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Hasil pengujian dan perhitungan daya potensi dapat dilihat pada tabel 4.9. Hasil Perhitungan Daya Potensi sebagai berikut :

Tabel 4.9. Hasil Perhitungan Daya Potensi

Bukaan katup gas pompa (%)	Debit (l/s)	Head (m)	Daya potensi (Watt)
100	7,71	0,4	30,27
75	5,99	0,4	23,49
50	5,24	0,4	20,57

Daya potensi terbesar sebesar 30,27 Watt dengan bukaan katup gas pompa 100% atau debit air 7,71 l/s.

4.1.6. Efisiensi Turbin Vortex

Besarnya nilai efisiensi dicari dengan menggunakan persamaan 2.7.

$$n = P_{eff} : P_{hid} \times 100\%$$

Sehingga efisiensi turbin :

$$n = 12W : 30,27 \times 100\% = 39,6\%$$

Besarnya efisiensi untuk masing-masing variasi pada putaran 70 rpm dapat dilihat pada tabel 4.10. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 70 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.10. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 70 rpm

Bentuk sudu	Debit (l/s)	Daya poros (Watt)	Daya potensi (Watt)	Efisiensi (%)
Lengkung	7,71	12	30,27	39,6
	5,99	6,8	23,49	28,9
	5,24	6,6	20,57	32,1
Flat	7,71	14,4	30,27	47,6
	5,99	8,8	23,49	37,5
	5,24	7,6	20,57	36,9
Lengkung sirip	7,71	13,7	30,27	45,3
	5,99	8,2	23,49	34,9
	5,24	5,6	20,57	27,2

Besarnya efisiensi untuk masing-masing variasi pada putaran 60 rpm dapat dilihat pada tabel 4.11. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 60 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.11. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 60 rpm

Bentuk sudu	Debit air (l/s)	Daya poros (Watt)	Daya potensi (Watt)	Efisiensi (%)
Lengkung	7,71	12,4	30,27	41,0
	5,99	6,3	23,49	26,8
	5,24	5,1	20,57	24,8
Flat	7,71	11,9	30,27	39,3
	5,99	7,4	23,49	31,5
	5,24	5,9	20,57	28,7
Lengkung sirip	7,71	12,5	30,27	41,3
	5,99	7,9	23,49	33,6
	5,24	6,3	20,57	30,6

Besarnya efisiensi untuk masing-masing variasi pada putaran 50 rpm dapat dilihat pada tabel 4.12. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 50 rpm sebagai berikut :

Tabel 4.12. Nilai Efisiensi Turbin Pada Putaran 50 rpm

Bentuk sudu	Debit air (%)	Daya poros (Watt)	Daya potensi (Watt)	Efisiensi (%)
Lengkung	7,71	9,3	30,27	30,7
	5,99	7	23,49	29,8
	5,24	3,8	20,57	18,5
Flat	7,71	9,5	30,27	31,4
	5,99	7,3	23,49	31,1
	5,24	3,8	20,57	18,5
Lengkung sirip	7,71	7,7	30,27	25,4
	5,99	5,8	23,49	24,7
	5,24	5,7	20,57	27,7

Dikarenakan lengkung yang dibuat tidak terlalu besar maka hasilnya tidak berbeda jauh dari sudu berbentuk flat bahkan saat pengujian pada rpm 70 flat menjadi yang tertinggi.

4.1.7. Torsi dan Daya Hasil Pengujian Terbaik Dari Masing-Masing Sudu

Data torsi terbaik dapat dilihat pada tabel 4.13. Data Pengujian Torsi Terbaik sebagai berikut :

Tabel 4.13. Data Pengujian Torsi Terbaik

No	Tipe sudu	Debit (l/s)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)
1	Flat	7,71	60	1,89
2	Lengkung	7,71	60	1,97
3	Lengkung sirip	7,71	60	2,00

Nilai torsi terbaik didapatkan pada pengujian dengan sudu lengkung sirip dengan nilai 2,00 Nm, nilai gaya pengereman berpengaruh kepada torsi yang dihasilkan.

Daya terbaik yang didapatkan dari hasil pengujian ini dapat dilihat pada tabel 4.14. Hasil Pengujian Daya Terbaik sebagai berikut :

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Daya Terbaik

N o	Tipe sudu	Debit (l/s)	Putaran (rpm)	Torsi (Nm)	Daya (Watt)
1	Flat	7,71	70	1,97	14,4
2	Lengkung	7,71	70	1,63	12,0
3	Lengkung sirip	7,71	70	1,87	13,7

Daya terbaik dihasilkan dengan pengujian pada sudu flat dengan daya 14,4 Watt dan debit 7,71 l/s.

4.2. Pengaruh Bentuk Sudu Flat dan Sudu Lengkung Terhadap Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Turbin Air Aliran Vortex

4.2.1. Sudu Turbin Vortex Lengkung Bersirip

Dalam penelitian ini sudu turbin vortex berbentuk lengkung sirip dengan jumlah bilah 6 bilah, luas bidang satu permukaan sudu 0,054 m², tinggi sirip 1 cm dengan kemiringan sirip 45°, tinggi 35 cm, diameter 30 cm, setelah diuji mempunyai torsi tertinggi dengan 2,0 Nm pada putaran 60 rpm dengan bukaan gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dan daya terbesar 13,7 Watt pada putaran 70 rpm dengan debit 7,71 l/s. Untuk rpm nya tidak secepat sudu turbin berbentuk flat karena penambahan sirip

mengakibatkan pengurangan vortisitas atau kecepatan air berputar dalam turbin vortex.

Semakin kecil sudu diameter turbin maka rpm akan naik karena pada bagian tengah pusaran kecepatan air lebih tinggi dari pada dipinggir kolam vortex, sebaiknya jika diameter sudu dilebarkan maka rpm akan turun tetapi torsi akan meningkat. Berat dari sudu adalah 1,75 kg dengan bahan flat besi tebal 2 mm dan poros menggunakan besi pejal dan besi tabung.

4.2.2. Sudu Turbin Vortex Lengkung

Sudu lengkung dalam penelitian ini memiliki 6 bilah sudu dengan luasan satu bidang permukaan sudu 0,051 m², tinggi 35 cm dan diameter 30 cm. Setelah melakukan pengujian dapat diamati bahwa turbin lengkung memiliki torsi maksimal 1,97 Nm pada putaran 60 rpm dengan debit 7,71 l/s.

Sudu lengkung memiliki torsi yang lumayan bagus dikarenakan luas bidang tumbukan air luas. Arah gaya air melaju lebih cepat ketengah disebabkan bidang yang lengkung dikarenakan air melaju ketengah banyak air yang langsung terarah jatuh menuju lubang buang oleh sebab itu sudu turbin ini membutuhkan air yang banyak untuk memulai putaran.

Daya yang dihasilkan maksimal turbin ini didapat pada bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s dengan besar daya 12,4 Watt pada putaran 70 rpm.

4.2.3. Sudu Turbin Vortex Flat

Sudu turbin flat dalam penelitian ini memiliki 6 bilah sudu dengan luasan satu bidang permukaan sudu 0,047 m², tinggi 35 cm dan diameter 30 cm. Hasil dari penelitian pada sudu flat ini dengan keunggulan putaran rpm yang paling tinggi dengan 133 rpm pada bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s. Putaran rpm tinggi disebabkan gaya yang bekerja kecil dan luas bidang permukaan yang ditumbuk oleh air lebih kecil dari pada sudu berbentuk lengkung.

Dikarenakan arah gaya tumbukkan yang lurus maka torsi yang dihasilkan pada saat 70 rpm, dengan nilai torsi 1,97 Nm dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s pada putaran 70 rpm. Untuk daya terbesar yang dihasilkan sebesar

14,4 Watt pada bukaan katup gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s pada putaran 70 rpm.

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Pengukuran debit terbesar dengan nilai 7,71 l/s diuji coba dengan bukaan katup gas pompa air. Dengan penambahan debit air akan menyebabkan putaran poros turbin semakin meningkat. Putaran turbin terbesar terjadi pada sudu flat dengan 133 rpm dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s.

Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 70 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% dengan torsi 0,76 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu flat dengan bukaan gas pompa air 100% atau debit 7,71 l/s dengan besar torsi 1,97 Nm. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 60 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lengkung dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,81 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 2,00 Nm. Dari hasil pengujian torsi yang dilakukan pada putaran 50 rpm torsi terkecil terdapat pada sudu lurus dengan bukaan katup gas pompa air 50% atau debit air 5,24 l/s dengan torsi 0,73 Nm sedangkan torsi terbesar terjadi pada sudu lengkung sirip dengan bukaan katup gas pompa air 100% atau debit air 7,71 l/s dengan besar torsi 1,81 Nm.

Pada pengujian putaran 70 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lurus dengan nilai 14,4 Watt dengan debit 7,71 l/s. Pada lengkung sirip dengan debit 7,71 l/s terjadi penurunan dibandingkan dengan sudu berbentuk lengkung. Pada pengujian putaran 60 rpm besar daya terbesar dihasilkan oleh sudu berbentuk lengkung sirip dengan nilai 12,5 Watt dengan debit 7,71 l/s. Sedangkan lengkung dan flat berhimpitan didebit 7,71 l/s. Pada putaran 50 rpm daya turbin paling besar dicapai pada pengujian dengan menggunakan bentuk sudu flat pada debit 7,71 l/s yaitu 5,9 Watt, sedangkan pada lengkung sirip terjadi penurunan drastis dengan nilai tertinggi 7,7 Watt.

Daya potensi terbesar sebesar 30,27 Watt dengan bukaan katup gas pompa 100% atau debit air 7,71 l/s. Lengkung yang dibuat tidak terlalu besar maka hasilnya tidak berbeda jauh dari sudu berbentuk flat bahkan saat pengujian pada rpm 70 flat menjadi yang tertinggi.

Nilai torsi terbaik didapatkan pada pengujian dengan sudu lengkung sirip dengan nilai 2,00 Nm, nilai gaya pengereman berpengaruh kepada torsi yang dihasilkan. Daya terbaik dihasilkan dengan pengujian pada sudu flat dengan daya 14,4 Watt dan debit 7,71 l/s.

5.2. Saran

Pada penelitian variasi jumlah sudu flat ini masih dibutuhkan variasi panjang sisi flat pada ujung sudu agar mendapatkan daya dan efisiensi terbaik disetiap panjang sudu serta memerlukan adanya visualisasi aliran fluida pada area yang berlawanan dengan turbin pada tiap kapasitas aliran yang diatur sehingga memudahkan dalam menganalisa penurunan daya.

Pada penelitian variasi tinggi sudu turbin ini masih dibutuhkan tinggi sudu yang lebih spesifik dan lebih detail untuk mendapatkan ukuran dimensi yang sesuai kemungkinan dengan ukuran atau desain yang lain dapat meningkatkan nilai daya dan efisiensi turbin serta penelitian lanjutan dalam menentukan jenis material yang digunakan untuk mengoptimalkan daya dan efisiensinya.

DAFTAR PUSTAKA**Literatur**

Tim Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Islam Kalimantan. 2019. *Panduan Penulisan Skripsi*.

Artikel Jurnal

Hakim Muhammad Farid Rahman, Priyo Heru Adiwibowo. 2018. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu. *JTM*. 4. (01) : 86.

Gibran, Syahril Gultom, Zulkifli Lubis, Pramio G. Sembring. 2017. Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar. *Jurnal Dinamis*. 4. (2) : 36.

Sutrimo Dian, Priyo Heru Adiwibowo. 2019. Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Jumlah Sudu Bernampang L Terhadap Daya Dan Efisiensi Turbin Crossflow Poros Horizontal. *JTM*. 07. (01) : 102.

Hakim Muhammad Farid Rahman, Priyo Heru Adiwibowo. 2018. Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus Dengan Variasi Tinggi Sudu. *JTM*. 4. (01) : 94.

Skripsi

Prasetyo, Wahyu Didik. 2018. Rancang Bangun Turbin Vortex Skala Kecil Dan Pengujian Pengaruh Bentuk Penampang Sudu Terhadap Daya. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.