

**UJI EKSPERIMENTAL TURBIN ALIRAN
VORTEX DENGAN CASE
BERPENAMPANG PERSEGI TIPE SUDU
PROPELLER AKIBAT VARIASI JUMLAH
SUDU**

**Ramla Palayukan, Petrus Sampelawang, Nofrianto
Pasae, Christof Geraldi Simon**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas
Kristen Indonesia Toraja
e-mail: Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Kristen Indonesia Toraja
e-mail: sampelawangp@ukitoraja.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan torsi, daya, dan efisiensi pada turbin vortex dengan cara memperoleh hasil dari debit aliran, putaran rpm dan beban. Untuk mengetahui rata-rata nilai yang di hasilkan, di lihat dari setiap jumlah sudu yang di variasikan yaitu 3 sudu, 4 sudu dan 5 sudu.

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen untuk melakukan uji coba terhadap turbin vortex model sudu propeller dengan variasi jumlah sudu 3, 4, dan 5 sudu untuk mendapatkan torsi, daya dan efisiensi dengan melakukan pengukuran debit aliran, putaran sudu, dan beban untuk digunakan pada analisa perhitungan yang nantinya hasil perhitungan tersebut disajikan dalam bentuk grafik.

Torsi maksimum yang dihasilkan oleh turbin vortex dengan model sudu propeller 3 sudu adalah sebesar 4,91 Nm pada putaran 0 rpm, dan debit aliran 0,02 m³/s dengan beban 20 kg. Daya maksimum yang dihasilkan oleh turbin vortex dengan model sudu propeller 3 sudu adalah sebesar 32,17 Watt pada putaran 179,02 rpm dan debit aliran 0,02 m³/s dengan beban 7 kg. Efisiensi maksimum yang dihasilkan oleh turbin vortex dengan model sudu propeller 3 sudu adalah sebesar 20,45 % pada putaran 179,02 rpm dan debit aliran 0,02 m³/s dengan beban 7 kg.

Kata kunci: Daya, Jumlah sudu, Torsi, Tiga sudu, Turbin aliran vortex

ABSTRACT

This research aims to produce torque, power, and efficiency in vortex turbines by obtaining results from flow discharge, rpm rotation and load. To find out the average value produced, look at each number of spoons varied, namely 3 tablespoons, 4 tablespoons and 5 tablespoons

The method used is an experimental method to test the vortex turbine propeller blade model with variations in the number of blades of 3, 4, and 5 blades to obtain torque, power and efficiency by measuring flow discharge, blade rotation, and load to be used in calculation analysis which later the calculation results are presented in graphic form.

The maximum torque produced by a vortex turbine with a 3-blade propeller blade model is 4.91 Nm at 0 rpm, and a flow discharge of 0.02 m³/s with a load of 20 kg. The maximum power produced by a vortex turbine with a 3-blade propeller blade model is 32.17 Watts at 179.02 rpm and a flow discharge of 0.02 m³/s with a load of 7 kg. The maximum efficiency produced by vortex turbines with a 3-

blade propeller blade model is 20.45% at 179.02 rpm and a flow discharge of 0.02 m³/s with a load of 7 kg.

Keywords: Power, Number of blades, Torque, Three blades, Vortex flow turbine

I. Pendahuluan

Pembangkit Listrik Gravitasi Air Vortex (GWVPP) merupakan system pembangkit yang menghasilkan listrik dari turbin air vortex dengan ketinggian yang rendah dan laju aliran rendah. Pada turbin air vortex gravitasi komponen utama terdiri dari propeller yang nantinya menghasilkan pusaran air, pada tabung dantangka air sebagai sumber utama penyimpanan air (Hudan Achmad K, 2017). Saat mengalirkan air kedalam pada tabung, aliran air yang mengenai tabung membentuk pusaran air yang jatuh kedalam tangka bawah akan diteruskan kembali melalui pipa menuju ketangki air atas. Terlepas dari kenyataan bahwa lubang outlet pada tabung memiliki ukuran yang berbeda, sehingga pembentukan vortex yang sempurna dapat terjadi pada ukuran tabung tertentu. Dari beberapa penelitian yang sudah ada berbagai ukuran pada tabung dan lubang outlet tabung ini belum di teliti secara mendalam. Untuk meningkatkan velocity dan terbentuknya pusaran air dibutuhkan kajian tentang aliran kanal terbuka untuk menentukan karakteristik sizing pada tabung dan lubang outlet tabung..

Seorang Peneliti dari Jerman Viktor Schauburger mengembangkan teknologi aliran vortex (pusaran) untuk diterapkan pada pemodelan turbin air. Aliran vortex yang juga dikenal sebagai aliran pulsating atau pusaran dapat terjadi pada suatu fluida yang mengalir dalam suatu saluran yang mengalami perubahan mendadak. Fenomena aliran vortex sering kali dijumpai pada pemodelan sayap pesawat, aliran vortex cenderung dianggap sebagai suatu kerugian dalam suatu aliran fluida. Bertolak dari kondisi tersebut diatas maka perlu melakukan penelitian untuk melihat pengaruh dimensi tabung dan debit terhadap pembentukan vortex

Sarkardehetal. (2010) melakukan pemodelan eksperimental untuk menyelidiki efek dinding kepala dan rak sampah pada vortisitas. Acoustic Doppler Velocimetry digunakan untuk menentukan profil kecepatan dan sirkulasi. Para penulis menentukan hubungan antara kekuatan dan jenis pusaran. Baru-baru ini, Yangetal. (2014) melakukan analisis dimensi dan pemodelan eksperimental untuk menentukan efek dari profil intake-entrance pada submergence kritis. Para penulis menguji delapan profil pintu masuk dan menemukan bahwa profil tepi persegi menghasilkan kerugian kepala local tertinggi. Li et al. (2008) Wang et al. (2010), dan Suerick-Gulick et al. (2013) semua berhasil menggunakan teknik gambar partikel untuk menyelidiki vortisitas inti udara di intake hidrolis. Carriveauetal. (2009) dan Suerick-Gulick et al. (2013; 2014) melakukan studi ekstensif tentang mekanisme

evolusi vortex permukaan-bebas serta peregang naksial.

Peneliti selanjutnya yang menjadi literature Penelitian (Mulligan, Seal.2015) "*Experimental and Numerical Analysis of Free-Surface Turbulent Vortex Flows with Strong Circulation*" system vortex menentukan kekuatan pusaran air (*Vortex strength*) yang dipengaruhi oleh perbedaan beberapa variasi lubang outlet pada tabung basin. Data tersebut akan dijadikan sebagai acuan untuk mengetahui *vortex strength*.

Penelitian (Fajar Sumantri dan Muhamad Fitri, 2017) bertujuan dari perancangan ini adalah merancang suatu alat uji vortex yang menentukan system kerja alat agar bisa digunakan untuk mengamati vortex bebas dan vortex paksa pada air. Alat uji vortex ini dirancang dengan kecepatan air keluar tangki 2,425m/detik dan debit aliran air yang keluar tangki 73,8 liter/menit

Penelitian selanjutnya (Javed Ahmad Chattha, 2019) Generator Water Vortex Turbin menentukan bahwa kinerja rotor propeller yang di posisikan lebih tinggi dari pada rotor yang terletak dibawahnya, dengan demikian menunjukkan bahwa pusaran permukaan yang tidak terdistorsi memiliki lebih banyak energi yang tersedia untuk pembangkit listrik. Untuk membangun multi-staging di GWVT, studi ini menyarankan untuk menggunakan *propeller* yang sama dan jarak pengaturan optimal.

Berdasarkan latar belakang ini, penulis ingin melakukan pengujian terhadap sebuah prototipe turbin vortex untuk mengetahui performa dari turbin vortex. Pengujian yang dilakukan pada turbin vortex berbentuk prototipe dituangkan pada tugas akhir yang berjudul "**Uji Eksperimental Turbin Aliran Vortex Dengan Case Berpenampang Persegi Tipe Sudu Propeller Akibat Variasi Jumlah Sudu**"

II. Fasilitas Metode Penelitian

2.1 Teori

Energi Air Air merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan relative mudah didapat, karena air secara terus menerus mengisi ulang melalui siklus hidrologi bumi Energi yang dimiliki air dapat dimanfaatkan dan digunakan dalam wujud energy mekanis maupun energi listrik. Pemanfaatan energi air banyak dilakukan dengan menggunakan turbin air ataupun kincir air yang memanfaatkan adanya suatu air terjun atau aliran air disungai. Banyaknya energi air yang tersedia dari suatu sumber air tergantung pada besarnya head dan debit air (Nahrudin, Harijanto dan Wahid, 2018). Ribuan tahun yang lalu manusia telah memanfaatkan tenaga air untuk keperluan, misalnya untuk menaikan air keperluan irigasi, menggiling padi dan sebagainya. Di daerah daerah terpencil masih digunakan air. Efisiensi roda air yang dijalankan oleh aliran air tanpa menggunakan seluruh potensi potensi air yang terdapat dalam sungai. penemuan turbin

merupakan kemajuan yang berarti dalam pengembangan tenaga air. Turbin pertama, yang memanfaatkan gaya semprotan air, dirancang oleh J.A. Segner (1704-1777), yang digunakan pada sungai leine (jerman) dinorten dengan penjelasan yang diterbitkan pada tahun 1750. Energi yang terdapat didalam air adalah energi kinetik dan energi potensial. gerakan pada mesin.

2.2 Turbin Air Sumbuh Vertical

2.2.1 Turbin Darrieus

Turbin Darrieus merupakan turbin yang menggunakan prinsip aerodinamik yang memanfaatkan gaya angkat pada penampang blade turbinnya dalam mengekstrak energi fluida. Wardani, Nindito dan Jaya, (2020) melakukan inovasi terhadap turbin Darrieus yang diberi nama turbin Spinning Top Darrieus yang berbentuk circular-arc (lengkung) dan garis lurus, dengan membentuk blade seperti profil distribusi kecepatan aliran di 0,2H, 0,6H dan 0,8H dari bagian atas turbin.

2.2.2 Turbin H-Darrieus

Pada studi (Gerardo dan Fo, 2003) mengatakan mekanisme yang digunakan pada Straight-bladed ditemukan bahwa efek hambatan yang diciptakan oleh sebuah blade akan membatasi kecepatan aliran. Oleh karena itu, H- Darrieus akan mengatur semua kecepatan aliran untuk mencapai kecepatan putaran optimalnya. Studi (Fertahi dkk., 2018) menggabungkan turbin H-Darrieus dengan turbin Savonius yang menggunakan tipe airfoil NACA 0015 akan mengatasi self-starting yang kurang baik pada turbin H-Darrieus

2.4.2 Turbin Savonius

Turbin Savonius [1] secara umum bergerak lebih perlahan dibandingkan jenis turbin angin sumbu horizontal, tetapi menghasilkan torsi yang besar. Turbin Bronzinus merupakan turbin hasil modifikasi turbin Savonius yang dilakukan oleh Muscolo dan Molfino (2014) yang bertujuan mengatasi masalah energi di Lebanon.

2.2.3 Turbin Gorlov

Pengembangan turbin Gorlov bertujuan membuat turbin yang murah, efisien dan ramah lingkungan yang dapat digunakan pada aliran pasang surut (Gorlov, 2001). [2] melakukan penelitian terhadap pengaruh penambahan komponen pair pada turbin Gorlov. Turbin tersebut dinamakan turbin DNA. Bertambahnya pair pada turbin DNA menyebabkan RPM turbin DNA lebih rendah dibandingkan dengan turbin Gorlov, akan tetapi nilai torsi (τ) yang dihasilkan oleh turbin DNA lebih tinggi dari pada turbin Gorlov

2.3 Parameter Analisa

Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai

PROSIDING SEMINAR NASIONAL TEKNIK MESIN UKI TORAJA 2022

3	0	33 6.7	33 6.8	33 6.9	33 7.3	33 6.5	336 .84	27
	1	30 9.5	30 9.8	30 9.3	30 8.9	30 9.7	309 .44	
	2	28 1.7	28 2.5	28 2.3	28 1.9	28 3	282 .28	
	3	26 7.6	26 5.9	26 6.9	26 7.5	26 6.6	266 .9	
	4	24 3.8	24 3.6	24 3.5	24 2.9	24 3.9	243 .54	
	5	22 0.9	22 1.3	22 1.4	22 1.6	22 3	221 .64	
	6	19 5.6	19 5.7	19 5.4	19 4.9	19 5	195 .32	
	7	17 8.5	17 9.2	17 9.1	17 9.4	17 8.9	179 .02	

		5.5	6.2	6.6	5.9	6.3	.1	
	8	13 6.8	13 6.9	13 6.6	13 7.1	13 7.3	136 .94	
	9	10 1.8	10 2.2	10 1.7	10 1.6	10 2.4	101 .94	
	10	83. 6	83. 4	83. 2	82. 9	82. 7	83. 16	
	11	65. 5	65. 2	65. 65	64. 7	64. 9	65. 06	
	12	44. 4	44. 5	44. 8	44. 9	45. 1	44. 74	
	13	23. 6	23. 9	23. 2	24. 1	24. 3	23. 82	
	14	12. 5	12. 8	12. 9	13. 2	13. 4	12. 96	
	15	0	0	0	0	0	0	

Jumlah su du	Beb an, m (kg)	Putaran, n (rpm)						Su hu, T (°C)
		n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	\bar{n}	
4	8	15 3.8	15 3.7	15 2.9	15 2.8	15 3.6	153 .36	27
	9	12 5.5	12 5.8	12 6.1	12 6.2	12 5.7	125 .86	
	10	10 7	10 6.9	10 6.7	10 6.5	10 6.4	106 .7	
	11	80. 9	80. 7	80. 5	81 81	81. 4	80. 9	
	12	70. 1	70. 6	70. 7	71 71	70. 3	70. 54	
	13	63. 7	64. 1	63. 9	63. 6	64. 3	63. 92	
	14	56. 5	55. 7	55. 9	55. 4	56. 1	55. 92	
	15	40. 9	41. 1	41. 3	41. 2	41. 4	41. 18	
	16	37. 7	37. 9	38. 6	38. 4	38. 3	38. 18	
	17	24. 5	24. 6	24. 2	23. 7	23. 9	24. 18	
	18	10. 9	10. 6	11 11	11. 3	10. 8	10. 92	
	19	8.4	8.6	7.9	7.6	6.9	7.8 8	
	20	0	0	0	0	0	0	
	0	28 4.1	28 4.3	28 4.5	28 3.9	28 4.2	284 .2	
	1	25 2.5	25 1.9	25 2	25 2.2	25 2.6	252 .24	
	2	23 5.4	23 5.5	23 6.2	23 6.4	23 6	235 .9	
	3	22 8.6	22 8.5	22 9.1	22 9.3	22 8.9	228 .88	
	4	21 7.8	21 0.4	21 5.1	21 2.8	21 7.8	214 .78	
	5	19 6.3	19 6.5	19 7.1	19 7.3	19 6.8	196 .8	
	6	17 3.7	17 3.5	17 2	17 2.2	17 2.4	172 .76	
7	15	15	15	15	15	156		

Jumlah su du	Beb an, m (kg)	Putaran, n (rpm)						Su hu, T (°C)
		n ₁	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	\bar{n}	
5	0	267. 2	266. 9	266. 8	267. 4	267 267	267.0 6	27
	1	243. 7	243. 8	243. 6	244. 1	244 244	243.8 4	
	2	221. 3	221. 2	220. 8	220. 9	221. 4	221.1 2	
	3	209. 2	209. 7	209. 8	209. 5	209. 4	209.5 2	
	4	185. 7	185. 9	186. 2	186. 3	185. 6	185.9 4	
	5	162. 3	162. 6	162. 5	163 163	162. 9	162.6 6	
	6	134. 5	135 135	135. 2	135. 4	134. 8	134.9 8	
	7	108. 8	108. 9	108. 5	109. 2	108. 3	108.7 4	
	8	83.4	83.6	83.5	82.8	82.9	83.24	
	9	68.2	68.4	67.7	67.8	68.5	68.12	
	10	44.4	44.5	44.7	44.9	45	44.7	
	11	21.2	21.5	21.4	19.9	21.6	21.12	
	12	0	0	0	0	0	0	

3.2 Analisis Data

Dalam penelitian ini data yang diperoleh dari hasil pengujian turbin vortex persegi, digunakan untuk menganalisa daya, torsi dan efisiensi

1. Luas penampang (A) merupakan luas penampang turbin yang dilalui air.

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \times 0,3^2$$

$$= 0,071 \text{ m}^2$$

Keterangan:

A = Luas penampang (m^2)
D = Diameter sudu (m)

2. Debit (Q), merupakan banyaknya air yang mengalir tiap satuan waktu.

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

$$= \frac{0,03 \text{ m}^3}{1,55 \text{ s}}$$

$$= 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$$

Keterangan:

Q = Debit air (m^3/s)
t = Waktu yang di tempuh (s)
v = volume (m^3)

3. Kecepatan aliran (V), merupakan kecepatan air yang mengalir dalam saluran.

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

$$= \frac{0,02 \text{ m}^3/\text{s}}{0,071 \text{ m}^2}$$

$$= 0,28 \text{ m/s}$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran air (m/s)
Q = Debit air (m^3/s)
A = Luas penampang (m^2)

4. Head efektif (H)

$$H = \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

$$= \frac{0,28^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,80 \text{ m}$$

Keterangan:

H = Head efektif (m)
v = Kecepatan aliran air (m/s)
g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

5. Daya air (Pa), merupakan energi kinetik dari air yang mengalir.

$$Pa = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$= 997 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,02 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,80 \text{ m}$$

$$= 157,29 \text{ Watt}$$

Keterangan:

Pa = Daya air yang tersedia (Watt)
 ρ = Densitas air (kg/m^3)
g = Gravitasi Bumi (m/s^2)

Q = Debit air (m^3/s)

H = Head efektif (m)

6. Gaya (F)

$$F = m \cdot g$$

$$= 7 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$= 68,67 \text{ N}$$

Keterangan:

F = Gaya yang terjadi (N)
m = Massa benda (kg)
g = Percepatan gravitasi Bumi (m/s^2)

7. Torsi (τ), merupakan ukuran kekuatan yang menyebabkan objek berputar sekitar sumbu.

$$\tau = F \cdot r$$

$$= 68,67 \text{ N} \times 0,025 \text{ m}$$

$$= 1,72 \text{ Nm}$$

Keterangan:

τ = Besarnya torsi yang terjadi (N.m)

F = Gaya yang bekerja terhadap poros (N)

r = Jari-jari poros (m)

8. Kecepatan sudu (ω), merupakan besaran vector yang menyatakan frekuensi sudut suatu benda dan sumbu putarnya.

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$= \frac{2 \times 3,14 \times 179,02}{60}$$

$$= 18,74 \text{ rad/s}$$

Keterangan:

ω = Kecepatan putaran sudut (rad/s)
n = Jumlah putaran (rpm)
 $\pi = 3,14$

9. Daya turbin air (Pt), merupakan daya yang dihasilkan turbin air.

$$P = \tau \times \omega$$

$$= 1,72 \text{ Nm} \times 18,74 \text{ rad/s}$$

$$= 32,17 \text{ Watt}$$

Keterangan:

P = Daya yang dihasilkan oleh turbin (Watt)
 τ = Besarnya torsi yang terjadi (N.m)
 ω = Kecepatan sudut (rad/s)

10. Efisiensi turbin (η), merupakan perbandingan

antara daya yang dihasilkan dengan daya yang tersedia dalam bentuk persen atau bisa disebut kinerja.

$$\eta = \frac{P_t}{P_{air}} \times 100 \%$$

$$= \frac{32,17 \text{ Watt}}{157,29 \text{ Watt}} \times 100 \%$$

$$= 20,45 \%$$

Keterangan:

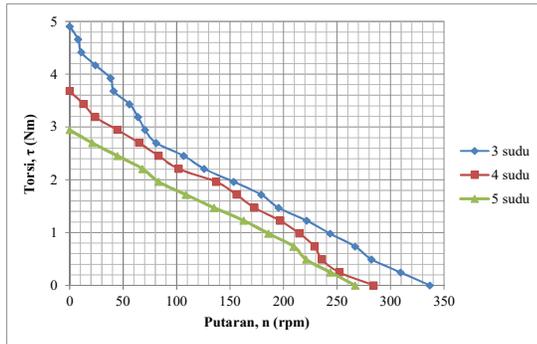
η = Efisiensi turbin (%)

P_T = Daya turbin (Watt)

P_{air} = Daya air (Watt)

3.3 Pembahasan

1. Torsi (τ)

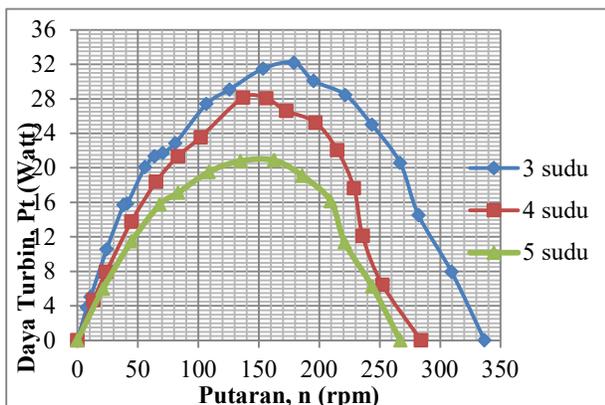


Gambar 3.1 grafik pengaruh antara putaran (rpm) terhadap torsi (Nm)

Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar beban yang diberikan pada suatu putaran maka nilai torsi yang dihasilkan juga akan lebih besar, dan semakin kecil beban yang diberikan pada suatu putaran maka nilai torsi yang dihasilkan pun semakin kecil juga. Sehingga pada grafik pengaruh putaran (rpm) terhadap torsi (Nm) diatas dapat disimpulkan bahwa torsi tertinggi dihasilkan oleh jumlah 3 sudu karena putaran turbinnya besar dan beban yang diberikan lebih besar.

Gambar 3.2 grafik pengaruh jumlah sudu terhadap torsi maksimum (Nm)

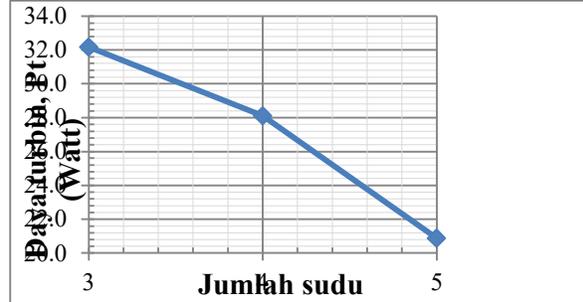
Pada gambar 3.2 grafik di atas dapat dilihat pengaruh jumlah sudu terhadap torsi maksimum yang dihasilkan oleh 3 sudu sebesar 4,91 Nm, kemudian disusul dengan 4 sudu sebesar 3,68 Nm, dan 5 sudu sebesar 2,94 Nm.



2. Daya tubun

Gambar 3.3 grafik pengaruh putaran turbin (rpm) terhadap daya output turbin (Watt)

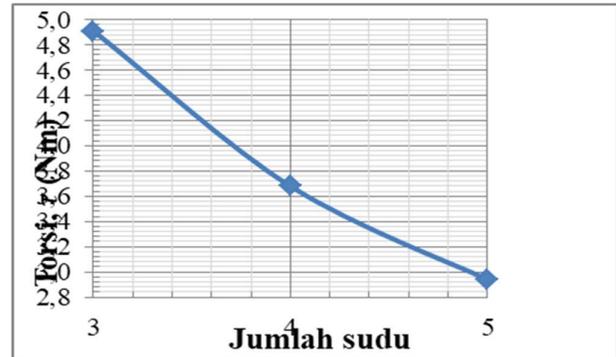
Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan pada jumlah 3 sudu lebih besar di banding dengan daya yg dihasilkan oleh jumlah sudu 4 dan 5.



Gambar 3.4 grafik pengaruh jumlah sudu terhadap daya maksimum (Watt)

Pada gambar 4.4 grafik di atas dapat dilihat pengaruh jumlah sudu terhadap daya maksimum yang dihasilkan oleh 3 sudu sebesar 32,17 Watt, kemudian disusul dengan 4 sudu sebesar 28,12 Watt, dan 5 sudu sebesar 20,88 Watt.

3. Efisiensi turbin (η)



Gambar 3.5 grafik pengaruh antara putaran (rpm) terhadap efisiensi (%)

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa efesinsi (η) pada 3 sudu lebih besar dibandingkan dengan efesinsi (η) dengan 4 dan 5 sudu



Gambar 3.6 grafik pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi maksimum (%)

Pada gambar 3.6 grafik di atas dapat dilihat pengaruh jumlah sudu terhadap efisiensi yang dihasilkan oleh 3 sudu sebesar 20,45 %, kemudian disusul dengan 4 sudu sebesar 17,88 %, dan 5 sudu sebesar 13,27 %.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada turbin aliran vortex dengan variasi jumlah sudu yaitu, 3 sudu, 4 sudu dan 5 sudu dapat disimpulkan bahwa:

1. Torsi maksimum yang dihasilkan turbin vortex dengan jumlah 3 sudu sebesar 4,91 Nm pada putaran 0 rpm dengan debit air $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ dan beban 20 kg.
2. Daya maksimum yang dihasilkan turbin vortex dengan jumlah 3 sudu sebesar 32,17 Watt terjadi pada putaran 179,02 rpm dengan beban 7 kg pada debit air $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ dan kecepatan aliran air 0,28 m/s.
3. Efisiensi maksimum turbin yang dihasilkan turbin vortex dengan jumlah 3 sudu yaitu sebesar 20,45% pada putaran 179,02 rpm dengan debit air $0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ dan beban 7 kg.

Referensi

- Antom, T., Kamina, I. M. & Nindito, D.A. 2020. *Analisis Pengembangan Hidrokinetik Turbin Gorlov Akibat Penambahan Luas Bidang Tangkap*.
- Berdin 1873, *pengaruh konsentrasi pada turbin air teknik mesin 18-24*
- Fendiyatma, Antonius Futera (2018) *Pengaruh Dari Jumlah Sudu Untuk Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Menggunakan Deflektor*. Skripsi thesis, Sanata Dharma
- Hayahshi et al, 2005. *Wind Tunnel Test On a Different Phase Three Stage*.
MuttaqinIdzani, 2016. Analisa Perbedaan Kecepatan Turbin Angin Savonius 2 Sudu Dengan Membandingkan Perbedaan Tinggi Sudu. Universitas Islam Kalimantan
- Naharuddin, Harijanto, dan Wahid, (2018) *Pengelolaan Daerah Airan Sungai Dan Aplikasinya Dalam Proses Belajar Mengajar*. Sulawesi Tengah: Untad Press
- R.D.Blevins, 1984. *Applied Fluid Dynamics Handbook*. Van Nostrand Reinhold
- cc, Edis Sudianto. 2009. *Pengujian Sudu Lengkung Prototipe Turbin Air Terapung pada Aliran Sungai*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Savonius, S. J. & Finland, H. 1931. *Mechanical Engineering*, 53(5), pp.331-338
- Sahbana, M. A., Anam, S. K., Teknik, J., Universitas, M., Malang, W., Sudu, J., Efisiensi, D. D., &

Air, T. (2018). *Pengaruh jenis sudu terhadap daya dan efisiensi turbin air kinetik poros horizontal*. 10(2), 20–24

Van Nostrand Reinhold. *HamsahImron, 2016. Studi Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Unjuk Kerja Savonius Water Turbin Pada Aliran Dalam Pipa*. Jurnal Rotor. Universitas Sebelas Maret Surakarta

Wardani C.S., Nindito, D.A. & Jaya, A. R. 2020. *Inovasi Dan Desain Turbin Hidrokinetik Berdasarkan Bentuk Distribusi Kecepatan Aliran*.