



ANALISA PENGARUH KETINGGIAN SUDU TURBIN AIR SAVONIUS BERSUDU 3 DAN PENAMBAHAN ALUR PADA SISI CEKUNG TERHADAP KINERJA TURBIN

Angreana Sitompul, Arya Darma Sampelawang, Ir. Ninik Martini, M.T.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: angreanasitompul19@gmail.com, dharmaad45@gmail.com

ABSTRAK

Sumber energi tak terbarukan yang banyak digunakan saat ini adalah bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas alam dan batu bara. Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia tenaga listrik melalui pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya, torsi dan efisiensi turbin hidro Savonius tiga sudu dengan mengubah tinggi sudu dan alur horizontal pada sisi cekung sudu. Penelitian ini dilakukan di saluran terbuka (irigasi) dengan mengganti jumlah alur sebanyak tiga kali yaitu 0,2,4 dan 6 alur. Menggunakan tachometer untuk mengambil data putaran (rpm) sebagai ukuran putaran poros (rpm), menggunakan termometer air untuk mengumpulkan data suhu air, dan menggunakan sistem dan metode pelampung untuk pengukuran kecepatan aliran. Beban berupa pasir.

Kata kunci : Daya Efisiensi, Hidrokinetik, Jumlah Alur, Savonius, Sudu, Turbin, Torsi, Variasi Jumlah Alur 0,2,4 dan 6.

ABSTRACT

Non-renewable energy sources that are widely used today are fossil fuels derived from fossils, namely oil, natural gas, and coal. The potential of water as an energy source mainly used as a provider of electrical energy through hydroelectric power plants and micro hydro. This study aims to determine how much Power, Torque and Efficiency are produced a three-blade savonius hydrokinetic turbine by varying the blade height and horizontal groove on the concave side of the blade. This research was conducted in an open channel (irrigation) with performed three variations of the number of grooves, namely 0.4 and 6 grooves. Retrieval of rotation data (rpm) is carried out using a tachometer measuring instrument as a measure of shaft rotation (rpm), data collection for water temperature uses a menggunakan measure the water thermometer, to measure the flow velocity is done with a float system and the method of loading is sand.

Keywords: Power Efficiency, Hydrokinetic, Number of Grooves, Savonius, Blade, Turbine, Torque, Variations in Number of Paths 0.2, 4 and 6.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, kemajuan teknologi dan peradaban dunia terjadi dengan sangat pesat. Hal ini merupakan salah satu alasan peningkatan pemakaian sumber energy konvensional. Untuk mengimbangi perkembangan tersebut dibutuhkan sumber energi dalam skala besar. Energi konvensional sebagai Sumber energi utama harus habis dalam jangka waktu tertentu.

Dengan semakin menipisnya sumber energi konvensional, umat manusia dipaksa untuk mengeksplorasi setiap potensi yang ada di alam sebagai sumber energy baru dan terbarukan. Sumber energi yang dapat diperbaharui seperti energi air, angin, surya dan lain-lain tersedia melimpah namun pemanfaatannya belum optimal, sehingga kebutuhan energi yang ramah lingkungan dan mudah didapat dengan biaya terjangkau masih merupakan problem global sekarang ini.

Air merupakan komposisi terbesar penyusun permukaan bumi sebesar 71% serta salah satu energi yang sangat potensial dan berkelanjutan namun pemanfaatannya sebagai sumber energy sangat terbatas.

Semakin meningkatnya harga bahan bakar tersebut. Sehingga salah satu upaya mengatasi masalah tersebut adalah dengan memanfaatkan energi yang dapat di perbaharui dan ramah lingkungan. Menipisnya sumber energi tak terbarukan dan penggunaan bahan bakar ramah lingkungan memerlukan alternatif cara untuk menggantikan sumber energi tersebut dengan sumber energi terbarukan.

Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai sumber tenaga melalui pembangkit listrik tenaga air dan pembangkit listrik tenaga mikro hidro. Penggunaan energi air pada dasarnya adalah penggunaan energi potensial gravitasi. Aliran energi mekanik adalah konversi energi potensial gravitasi yang

digunakan untuk menggerakkan turbin hidrolik. Jika kecepatannya bagus, Anda bisa menikmati aliran sungai. Turbin air diklasifikasikan sebagai konverter energi yang mengubah energi bolak-balik dari gerak lurus menjadi energi rotasi. Energi dari air tergolong energi terbarukan. Energi terbarukan adalah energi tanpa batas waktu. Energi gerak air termasuk energi yang dapat diakses dan energi relativistik. Energi kinetik air diciptakan oleh perbedaan ketinggian permukaan. Secara umum, kita dapat mengatakan bahwa air bergerak naik turun, atau pada tekanan rendah dan tinggi.

Penelitian di bidang energi khususnya mikrohidro pernah melakukan penelitian yang memanfaatkan turbin Savonius sebagai sumber energi *alternatif* dengan menggunakan tenaga air, namun belum pernah menggunakan turbin tipe Savonius dengan menambahkan alur pada sudu turbin.

Berdasarkan latar belakang diatas, mendorong penulis untuk meneliti, “Analisa Pengaruh Ketinggian Sudu Turbin Air Savonius bersudu 3 dan Penambahan Alur Pada Sisi Cekung Terhadap Kinerja Turbin “

Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka di rumuskan pokok permasalahan dari penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana pengaruh ketinggian sudu turbin air savonius 3 sudu pada sisi cekung terhadap kinerja turbin?
2. Bagaimana pengaruh penambahan alur pada sisi cekung terhadap kinerja turbin?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mengetahui daya maximum yang dihasilkan turbin hidrokinetik savonius 3 sudu dengan akibat penambahan variasi jumlah alur horizontal pada sisi cekung.

2. Untuk mengetahui efisiensi yang dihasilkan turbin hidrokinetik savonius 3 sudu akibat penambahan variasi jumlah alur horizontal pada sisi cekung

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yaitu, penulis adalah sebagai berikut :

1. Sebagai syarat menyelesaikan studi untuk gelar sarjana Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
2. Sebagai salah satu referensi tambahan *riset* konversi energi dengan memanfaatkan potensi energi air sebagai sumber energi terbarukan.
3. Manfaat penelitian ini bagi masyarakat adalah mendapatkan informasi tentang bagaimana cara memanfaatkan air sebagai sumber energi listrik.

TINJAUAN PUSTAKA

Energi Air

Pembangkit listrik tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir. Energi air dapat dimanfaatkan dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Penggunaan tenaga hidrolik terutama melalui penggunaan turbin atau turbin hidrolik yang memanfaatkan keberadaan air terjun dan sungai. Sejak awal abad ke-18, kincir air telah banyak digunakan sebagai motor untuk mesin penggilingan, gergaji biji-bijian dan alat tenun. Pada abad ke-19, turbin air mulai dikembangkan. Jumlah tenaga air yang tersedia dari sumber air tergantung pada ukuran sumber air dan aliran air. Dalam kasus akuarium, ketinggian tetesan air adalah perbedaan ketinggian antara antarmuka air akuarium dan air yang keluar dari turbin.

Potensi Air Sebagai Sumber Energi

Penggunaan energi air pada dasarnya adalah penggunaan energi potensial gravitasi. Energi mekanik aliran air adalah konversi energi

potensial gravitasi yang digunakan untuk menggerakkan turbin atau turbin angin. Umumnya turbin digunakan untuk menghasilkan listrik dan turbin angin digunakan untuk langsung menggunakan energi mekanik. Pada umumnya bendungan membutuhkan ketinggian air yang berbeda untuk memperoleh energi mekanik saluran ini. Namun, saat menggerakkan roda, Anda bisa menggunakan aliran air di sungai jika kecepatan alirannya mencukupi.

Klasifikasi Turbin Air

Turbin air dapat dikelompokkan dalam beberapa golongan. Turbin dapat dibedakan menjadi tiga jenis sesuai dengan head rangenya, yaitu :

- a. Turbin dengan *head* rendah (1-200 m):

1. *Cross-flow*
2. *Propeller*
3. *Kaplan*

- b. Turbin dengan *head* medium (50-250 m):

1. *Cross-flow*
2. *Multi-jer peltonn*
3. *Torgo*
4. *Francis*

- c. Turbin dengan *head* tinggi (30-300 m):S

1. *Pelton turgo*

Turbin dapat dibagi menurut arah alirannya. Yaitu,

- a. Turbin radial, terutama yang airnya mengalir secara radial melalui roda. Salah satu jenis turbin radial adalah turbin Pelton.
- b. Turbin aksial adalah turbin di mana air mengalir secara aksial melalui impeller. Salah satu jenis turbin aliran aksial adalah turbin baling-baling dan turbin Kaplan.
- c. Turbin aksial saluran, turbin radial, adalah turbin yang bergerak dalam arah aksial setelah air masuk ke roda radial dan keluar dari roda radial. Salah satu turbin tersebut adalah turbin Francis.

Di sisi lain, ada dua jenis turbin, tergantung pada mode operasinya:

- a) Turbin pulsa (aktif).
- a. Turbin jet.

Rumus – rumus yang digunakan

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

$$A = D \times h \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

A = Luas Penampang (m²)

D = Diameter (m)

2. Kecepatan aliran air (V) merupakan kecepatan air mengalir dalam saluran per satuan waktu.

$$V = \frac{L}{t} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

L = Panjang (m)

t = Waktu yang di tempuh (s)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

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

$$Q = A \times v \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

Q = Debit air (m³/s)

A = Luas penampang yang dilalui oleh air (m²)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

4. Head Efektif (H)

$$H = \frac{v^2}{2.g} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

H = Head efektif (m)

V = Kecepatan aliran air (m/s)

g = Percepatan grafitasi (m/s²)

5. Daya air (P_a) yang tersedia, merupakan energi kinetik dari air yang mengalir tiap satuan waktu.

$$P_a = \rho.g.Q.H \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

P_a = Daya air yang tersedia (Watt)

ρ = Densitas air (kg/m³)

g = Percepatan grafitasi (9,81 m/s)

Q = Debit air (m³/s)

H = Head Efektif (m)

6. Gaya (F) adalah sesuatu yang menyebabkan sebuah benda bermassa dapat mengalami percepatan.

$$F = m.g \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

F = Gaya yang terjadi (N)

m = Massa benda (kg)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

7. Torsi (τ) adalah hasil kali antara gaya yang berkerja pada poros dengan jari-jari *pulley*.

$$\tau = F.r \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

τ = Besarnya torsi yang terjadi (N.m)

F = Gaya pembebanan terhadap pully (N)

r = Jari-jari *pulley* (m)

8. Kecepatan sudut (ω)

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

ω = Kecepatan putaran sudut (rad/s)

n = Jumlah putaran (rpm)

π = 3.14

9. Daya turbin air (P_{turbin}), merupakan daya yang dihasilkan oleh kincir air sebagai akibat dari putaran kincir air dan torsi yang terjadi.

$$P_{\text{turbin}} = \tau \cdot \omega \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

P_t = Daya yang dihasilkan oleh turbin (Watt)

τ = Besarnya torsi yang terjadi (N.m)

ω = Kecepatan putaran sudut (rad/s)

10. Efisiensi (η); perbandingan antara daya yang dihasilkan dengan daya yang tersedia dijadikan nominal persen.

$$\eta = \frac{p_t}{p_a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

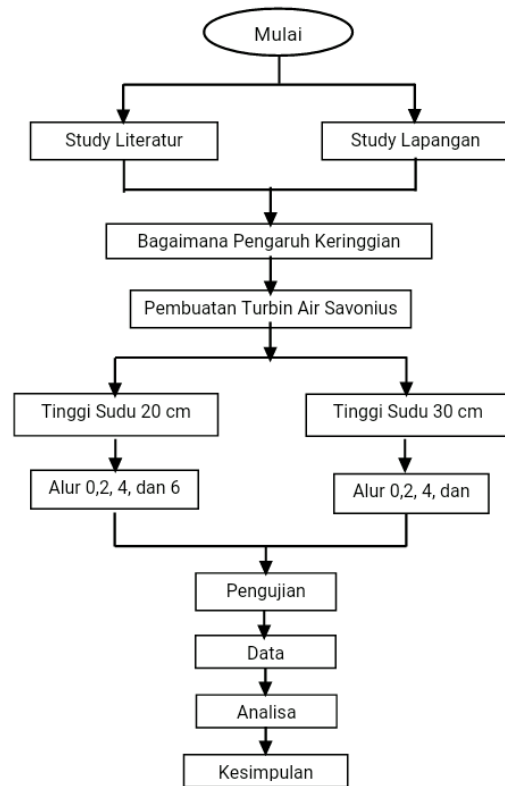
η = Efisiensi (%)

p_t = Besarnya daya yang dihasilkan (Watt)

p_a = Besarnya daya yang tersedia (Watt)

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Alat Uji dan Perlengkapan

1. Peralatan Turbin

a. Poros

Bahan = Pipa Besi

Diameter = 25 mm

b. Sudu/blade

Bahan = Pipa PVC

Diameter = 114 mm

Kelengkungan = 180°

c. Pelat sebagai tempat melekat sudu

Bahan = Besi

Ketebalan = 2 mm

d. Bantalan

Bahan = Baja karbon

Type = Ball bearing

Nomor = F 205

2. Peralatan untuk membuat turbin

a. Siku

b. Spidol

c. Mesin las

- d. Mesin gerinda
- e. Meteran
- f. Mur dan baut

- 3. Peralatan untuk pengujian
 - a. Turbin
 - b. Tali untuk menggantung pembebanan
 - c. Tachometer
 - d. Pasir sebagai beban
 - e. Stopwatch
 - f. Timbangan
 - g. Kertas dan pulpen

Pengambilan Data

Proses pengambilan data dilakukan dengan pengukuran suhu air, kecepatan air, dan putaran poros.

Langkah Penelitian

Adapun proses pengambilan data yang akan dilakukan yaitu :

1. Memeriksa keadaan alat yang akan digunakan pada pengujian turbin air apakah dalam keadaan baik.
2. Mengukur kecepatan aliran
3. Mengatur debit air sesuai yang diinginkan tanpa adanya turbin yang terpasang.
4. Memasang turbin hidrokinetik *Savonius* dengan jumlah tiga sudu.
5. Setelah itu menghitung jumlah putaran turbin air tanpa adanya pembebanan dengan menggunakan *tachometer*. Kemudian beban di tambahkan hingga putaran turbin air berhenti berputar.
6. Setelah pengambilan data selesai kemudian mengembalikan alat yang digunakan dalam pengujian ke tempat yang aman.
7. Mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.
8. Melakukan pengolahan data dan mengulas hasil penelitian yang sudah dilakukan

9. Membuat kesimpulan dari pengelolaan data dan membahas hasil yang telah didapatkan.

Analisa Data

Parameter yang diukur selama penelitian adalah:

1. Kecepatan aliran air adalah
2. Gerakan rotasi poros yang dihasilkan per menit, rpm (n)
3. Torsi yang dihasilkan oleh rotor (T)

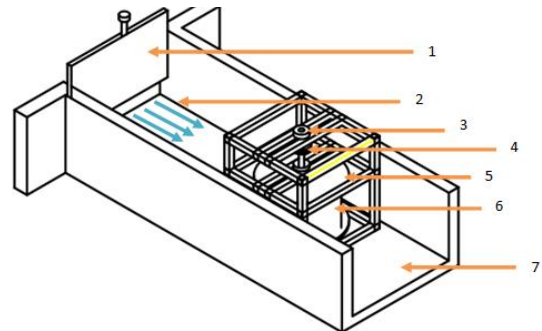
Data dianalisis setelah survei adalah sebagai berikut:

1. Faktor torsi
2. Faktor daya
3. Rasio gigi maksimum (TSR)
4. Efek baffle

Pemrosesan data Analisis data mencari dan menghitung terlebih dahulu parameter yang diperlukan. Rincian disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan kesimpulan.

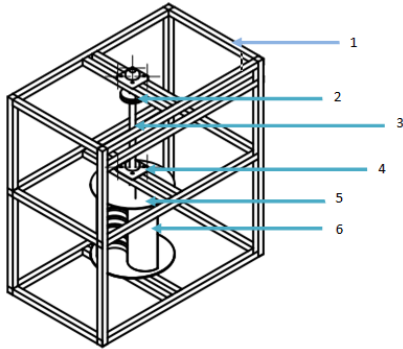
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lay Out Penelitian



Keterangan :

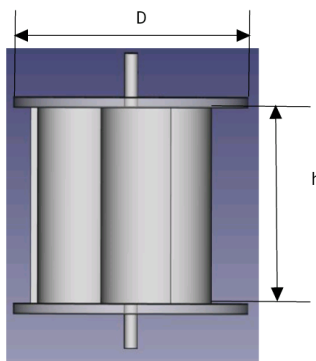
1. Pintu saluran
2. Arah aliran
3. Bearing
4. Pulley
5. End cap
6. Sudu
7. Saluran air



Dimensi rangka rumah turbin

Keterangan :

1. Rangka rumah turbin
2. Pulley
3. Poros
4. Bearing
5. End cup
6. Sudu



Dimensi rotor

Keterangan :

1. D = Diameter (cm)
2. h = Tinggi sudu (cm)

Langkah-langkah Pengambilan Data Turbin Air Savonius 3 Sudu

1. Memeriksa keadaan alat yang akan digunakan pada pengujian turbin air savonius apakah dalam keadaan siap untuk digunakan.
2. Mengukur kecepatan aliran air dengan metode pelampung dan mengatur kedudukan debit sesuai yang diinginkan tanpa adanya turbin yang terpasang.
3. Mengukur suhu air menggunakan thermometer dinding
4. Mengukur ketinggian air dari dasar hingga permukaan menggunakan meteran.
5. Memasang sudu dengan alur 0,2,4,6 pada rotor kemudian dikencangkan agar tidak goyang ketika dihantam oleh arus air.
6. Meletakkan turbin di saluran irigasi serta diganjal menggunakan batu agar tidak terseret aliran arus air, kemudian membiarkan berputar hingga kondisi air di saluran menjadi stabil.

7. Memasukkan pasir kedalam kantong lalu ditimbang menggunakan timbangan, satu kantong memiliki massa 2 kg. Pasir berfungsi sebagai pembebanan atau pengereman.
 8. Mengukur putaran turbin air tanpa adanya pembebanan dengan menggunakan tachometer, kemudian beban ditingkatkan sampai putaran rotor berhenti berputar. Beban dimasukkan kedalam karung dan diikat, kemudian digantungkan pada pulley.
 9. Pengambilan data putaran dilakukan dari sudu tanpa alur hingga sudu dengan 6 alur secara bergantian.
 10. Setelah pengambilan data selesai kemudian mengembalikan alat yang digunakan dalam pengujian ke tempat yang aman.
 11. Melakukan pengolahan data
- Data hasil pengujian turbin hidrokinetik savonius 3 sudu dapat dilihat pada tabel ;

No.	Jumlah Alur	Massa,	Putaran, n (rpm)	Gaya, F(kg)	Torsi, τ (N.m)	Kecepatan Sudut, ω (rad/s)	Daya air, Pa (watt)	Daya Turbin, Pt (watt)	Efisiensi, η (%)
		m (kg)							
1	0	0	58.85	0	0	6,16	42.06	0	0
		2	49.1	19,62	2,21	5,13	42.06	11,34	28.31
		4	43.6	39,21	4,41	4,56	42.06	20,11	36,7
		6	37.917	58,86	6,62	3,34	42.06	22,11	40,35
		8	0	78,48	0	0	42.06	0	0
2	2	0	59,2	0	0	6,19	42.06	0	0
		2	51,53	19,62	2,21	5,39	42.06	11,91	21,86
		4	40,2	39,21	4,41	4,21	42.06	33,88	30,53
		6	34,56	58,86	6,62	3,62	42.06	25,83	61.41
		8	0	0	0	0	42.06	0	0
3	4	0	61.45	0	0	6,43	42.06	0	0
		2	49.85	19,62	2,21	5,22	42.06	11,54	27.44
		4	45.283	39,21	4,41	4,74	42.06	20,9	52.21
		6	39.4	58,86	6,62	4,12	42.06	27,27	64.84
		8	35.07	78,48	8,78	3,67	42.06	32,2	76.56
		10	0	0	0	0	42.06	0	0
4	6	0	62.55	0	0	6,55	42.06	0	0
		2	53.383	19,62	2,21	5,59	42.06	12,35	29.36
		4	50.05	39,21	4,41	5,24	42.06	23,11	54.94
		6	44.483	58,86	6,62	4,66	42.06	30,85	73.35
		8	36.42	78,48	8,78	3.81	42.06	33.47	79,57
		10	0	0	0	0	42.06	0	0

Tabel Hasil Perhitungan Dengan ($A= 0,038 m$, $V= 1.121ms$, $H= 0,1 m$, $Q =0,042m^3/s$ $p = 997,3$

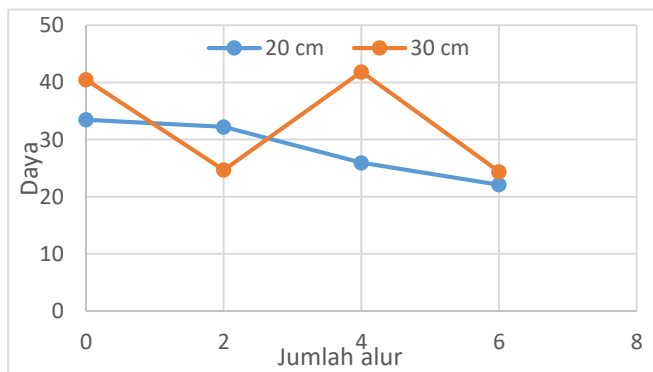
No.	Jumlah Alur	Massa,	Putaran, n (rpm)	Gaya, F(kg)	Torsi, τ (N.m)	Kecepatan Sudut, ω (rad/s)	Daya air, Pa (watt)	Daya Turbin, Pt (watt)	Efisiensi, η (%)
		m (kg)							
1	0	0	52.13	0	0		45.98	0	0
		2	51.967	19,62	2,21	5,44	45.98	12,02	21,94
		4	46.317	39,21	4,41	4,85	45.98	21,39	39,04
		6	35.21	58,86	6,62	4,1	45.98	24,36	49,28
		8	0	78,48	0	0	45.98	0	0
2	2	0	55.617	0	0	5,82	45.98	0	0
		2	55	19,62	2,21	5,76	45.98	12,73	27,7
		4	47.083	39,21	4,41	4,92	45.98	21,69	47,17
		6	41.483	58,86	6,62	4,32	45.98	28,59	62,18
		8	39.583	78,48	8,78	4,14	45.98	36,35	79,07
		10	36.2	98,1	11,04	3,79	45.98	41,84	90,21
3	4	0	60.233	0	0	0	45.98	0	0
		2	52.367	19,62	2,21	5,48	45.98	12,11	26,34
		4	42.25	39,21	4,41	4,42	45.98	19,49	42,39
		6	35.833	58,86	6,62	3,73	45.98	24,69	53,69
		8	0	78,48	8,78	0	45.98	0	0
4	6	0	65.075	0	0	6,8	45.98	0	0
		2	52.833	19,62	2,21	5,53	45.98	12,22	26,57
		4	49.683	39,21	4,41	5,19	45.98	22,76	49,49
		6	49.47	58,86	6,62	5,18	45.98	34,29	74,71
		8	44.07	78,48	8,78	4,61	45.98	40,46	87,99
		10	0	98,1	0	0	45.98	0	0

Tabel Hasil Perhitungan Dengan ($A = 0,038 \text{ m}, V = 1.121 \text{ ms}, H = 0,1 \text{ m}, p = 997,3 \text{ Q} = 0,047 \text{ m}^3/\text{s}$)

Pembahasan

Dari hasil pengolahan data serta pengamatan yang dilakukan pada penelitian pengaruh variasi jumlah alur horizontal pada sisi cekung terhadap kinerja turbin hidrokinetik savonius 3 sudu dengan end cap, dengan kecepatan konstan diperoleh hubungan grafik sebagai berikut :

1. Daya maksimum yang dihasilkan turbin hidrokinetik savonius 3 sudu

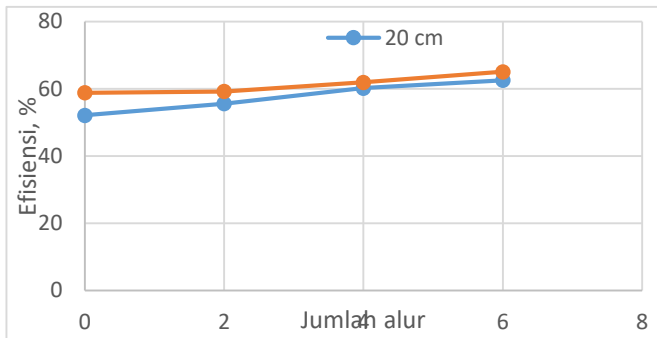


Grafik Hubungan antara jumlah alur dan daya

No	Tinggi, cm	Daya Maksimum, Watt	Jumlah Alur
1	20	33.47	0
		32.2	2
		25.93	4
		22.11	6
2	30	40.46	0
		24.69	2
		41.84	4
		24.36	6

Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak alur maka akan menghasilkan daya yang besar, serta semakin tinggi sudu maka menghasilkan daya yang besar pula.

2. Efisiensi maksimum yang dihasilkan turbin hidrokinetik savonius 3 sudu.

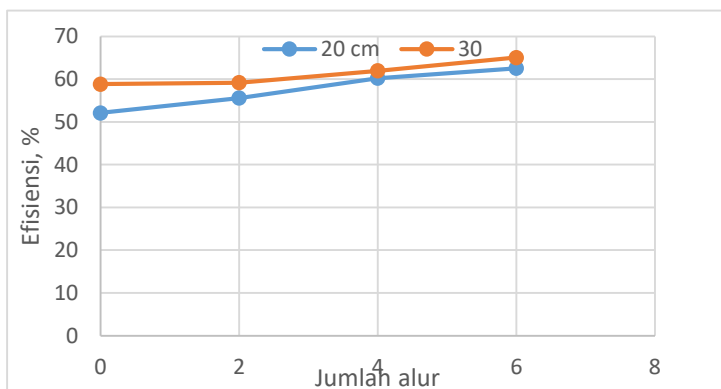


Grafik Hubungan antara jumlah alur dan efisiensi

No	Tinggi, cm	Efisiensi Maximum, %	Jumlah Alur
1	20	40.35	0
		61.41	2
		76.56	4
		79.57	6
2	30	52.97	0
		90.21	2
		53.69	4
		89.99	6

Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi dipengaruhi oleh tinggi tinggi sudu serta banyaknya alur.

3. Hubungan jumlah alur dengan putaran.



Grafik Hubungan jumlah alur dan putaran

No	Tinggi, cm	Putaran, rpm	Jumlah Alur
1	20	52.13	0
		55.61	2
		60.23	4
		62.55	6
2	30	58.85	0
		59.2	2
		61.95	4
		65.07	6

Hal ini menunjukkan bahwa putaran rotor dipengaruhi oleh tinggi tinggi sudu serta banyaknya alur

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil

1. Turbin hidrodinamik Savonius 3 sudu dengan variabel jumlah alur segitiga pada pelat kepala, dapat disimpulkan bahwa: beban kg.
2. Torsi maksimum turbin angin Savonius dihasilkan pada 0 rpm dengan beban 12 kg, memiliki 6 alur dan berkurang 13,2 Nm pada 30 cm.
3. Efisiensi maksimum turbin angin Savonius diberikan dengan variasi 30,68 rpm dengan beban 10 kg, 6 track dan ketinggian 30 cm dengan ketinggian 70,0 rpm.
4. Semakin tinggi sudu turbin air tipe savonius maka putaran yang dihasilkan semakin besar dan semakin pendek sudu maka putaran yang dihasilkan semakin rendah.
5. Semakin banyak alur yang dimiliki bilah, semakin banyak putaran yang dihasilkan. Semakin sedikit alur, semakin sedikit putaran.

Saran

1. Perlu dilakukan pengujian dengan kecepatan aliran air yang tinggi agar dapat menghasilkan performa turbin *hidrokinetik savonius* dengan optimal.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pengarah aliran guna mengurangi turbulensi serta menghasilkan arus yang konstan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alit, I.B. dkk. (2020). Pengaruh rasio konsentrasi pada turbin air Savonius. *Dinamika Teknik Mesin, Vol. 10, No. 1 Januari 2020*.
- Antonius Putera Fendiyatma, 2018. *Pengaruh Dari Jumlah Sudu Untuk Kinerja*

Kincir Air Savonius Poros Vertikal Dengan Menggunakan Deflektor. Skripsi. Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.

Pritchard, P.J. (2011:505). *Introduction to fluid mechanics* (8th ed.). Manhattan, US: John Wiley & Sons, Inc.

R.D.Blevins.1984.*Applied Fluid Dynamics Handbook*. Van Nostrand Reinhold.

Roy Malik Abdul Aziz Aritonang, (2018). *Rancangan Pengujian Serta pembuatan turbin air kinetik tipe Savonius poros vertikal menggunakan pemandu arah aliran dengan pemanfaatan aliran sungai*. Skripsi. Universitas Sumatera utara. Medan

Seprinaldo and Iwan Kurniawan, (2019). Kaji Eksperimental Torsi Statik Dan Torsi Dinamik Hidrokinetik Turbin Savonius Tipe Bach Tiga Sudu Besar Dengan Tambahan Tiga Sudu Kecil. *Jom FTEKNIK Volume 6. Edisi 2 Juli s/d Desember*

<http://www.ridomanik.blogspot.com/2013/07/turbin-air.html?m> (tanggal akses :29-april-2020)

<http://www.coaction.id/air-sebagai-sumber-energi-terbarukan/> (tanggal akses:29-april-2020)

<http://www.geologinesia.com/2018/05/apaitua-irhtml?m=1-pengertian-air-secara-umum-dan-secara-ilmiah> (tanggal akses: 21-juli-2020)

Fadillah, F., & Wicaksana, C. A. (2015). Turbin Air. *Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tadulako*, 7(130511616242), 61–69.