

PENGARUH MODEL ALUR BERGERIGI TERHADAP TSR DAN KINERJA TURBIN AIR SAVONIUS SUDU DUA DENGAN VARIASI JUMLAH ALUR HORIZONTAL

Petrus Sampelawang¹, Lery
Alfrian Salo², Lukiawan Rili³,

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Kristen Indonesia Toraja

³Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Kristen
Indonesia Toraja

*e-mail : lerysalo@ukitoraja.ac.id

e-mail : sampelawangp@ukitoraja.ac.id

ABSTRAK

Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air. Penelitian ini mengkaji tentang keunggulan turbin air poros vertikal tipe savonius model alur bergerigi horizontal sudu dua dari segi daya, torsi, efisiensi, dan tip speed ratio dari turbin air savonius. Dalam pengujian alat dilakukan secara bertahap, dengan variasi jumlah alur yang di gunakan yaitu 6, 7, dan 8 alur. Dimensi alat uji : sudu 2 dengan tinggi bilah 16cm, lebar 15,4cm, diameter poros 15mm dan panjang poros 50cm. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh data setiap variasi jumlah alur diantaranya : Daya maksimum sebesar 9,8 Watt, Torsi maksimum sebesar 0,86 Nm, Efisiensi maksimum sebesar 9,05%, Dan TSR maksimum sebesar 1,11 rad/s. Pada jumlah alur 8 dengan debit (Q) 0,011 m³.

Kata kunci : Daya, efisiensi, torsi, TSR, turbin air savonius.

ABSTRACT

The potential of water as an energy source is mainly used as a provider of electrical energy through hydroelectric power plants. This study examines the advantages of the savonius type vertical shaft water turbine with two blade horizontal serrated groove model in terms of power, torque, efficiency, and tip speed ratio of the savonius water turbine. In testing the tool is carried out in stages, with variations in the number of grooves used, namely 6, 7 and 8 grooves. Dimensions of the test equipment: 2 blades with a blade height of 16cm, a width of 15.4cm, a shaft diameter of 15mm and a shaft length of 50cm. From the results of the research conducted, data were obtained for each variation in the number of grooves including: Maximum power of 9.8 Watt, Maximum torque of 0.86 Nm, Maximum efficiency of 9.05%, And maximum TSR of 1.11 rad/s. In the number of grooves 8 with discharge (Q) 0.011 m³.

Keywords: Power, efficiency, torque, TSR, savonius turbine.

I. Pendahuluan

Ketersediaan sumber energi seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara semakin menipis serta jumlahnya yang terbatas, apabila secara terus menerus digunakan maka suatu saat sumber energi tersebut akan habis, di samping itu juga harga dari sumber energi tersebut semakin mahal. Oleh karena itu pemanfaatan sumber-sumber energi alternatif yang terbarukan serta ramah lingkungan menjadi pilihan alternatif.

Energi mekanik aliran air yang merupakan transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin air dan kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Penelitian ini mengkaji tentang keunggulan turbin poros vertikal tipe savonius, pada penerapannya turbin poros vertikal tipe savonius digunakan sebagai turbin angin. Namun pada penelitian ini akan diuji pengaplikasiannya pada aliran air, karena turbin ini memiliki banyak keunggulan dibanding turbin air lainnya.

Penelitian ini mengkaji tentang keunggulan turbin poros vertikal tipe savonius, pada penerapannya turbin poros vertikal tipe savonius digunakan sebagai turbin angin. Namun pada penelitian ini akan diuji pengaplikasiannya pada aliran air, karena turbin ini memiliki banyak keunggulan dibanding turbin air lainnya. Diantaranya : tidak perlu pembuatan bendungan, tidak berisik, konstruksi dan pengoperasian sederhana, dapat diproduksi secara lokal tanpa tergantung pada pabrikasi, serta dapat dioperasikan pada kecepatan aliran rendah.

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yang pertama untuk mengetahui daya maksimum yang dihasilkan turbin air Savonius dengan variasi jumlah alur model gerigi. Kedua untuk mengetahui torsi maksimum yang dihasilkan turbin air savonius dengan variasi jumlah alur model gerigi. Ketiga untuk mengetahui efisiensi maksimum yang dihasilkan turbin air savonius dengan variasi jumlah alur model gerigi. Keempat untuk mengetahui Tip Speed Ratio (TSR) maksimum yang dihasilkan turbin air savonius dengan variasi jumlah alur model gerigi.

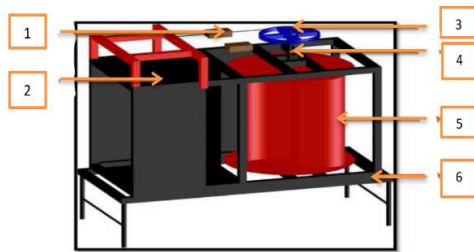
II. Fasilitas Metode Penelitian

Pembuatan alat uji bertempat di Kelurahan Ariang, Kecamatan Makale, Kabupaten Tana Toraja dan pengujian dilaksanakan di

kelurahan Botang, Kecamatan Makale, Kabupaten Tana Toraja.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain, pipa PVC sebagai bahan pembuatan bilah sudu, gergaji besi/gerinda, mesin las, baut dan mur, kunci pas/ring, besi siku dan pipa persegi panjang. Peralatan pengujian lapangan antara lain, turbin air, tali untuk menggantung beban, tachometer, stopwatch, batu/pasir sebagai beban, timbangan, termometer, kantong plastik sebagai wadah pembebanan.

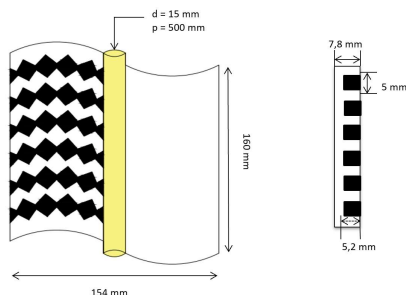
2.1 Layout Penelitian



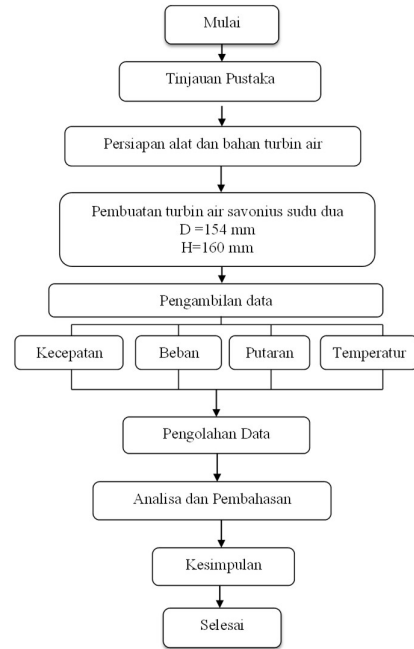
Gambar 2.1 *Prototype* turbin

Keterangan :

1. Pembebanan
2. Pemandu arah aliran
3. Pully
4. Poros
5. Turbin/ sudu turbin
6. Rangka Turbin



Gambar 2.2 Rotor Roda Air



Gambar 2.3 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini data yang di peroleh dari hasil jumlah alur di bagi atas tiga kali variasi jumlah alur horizontal, kemudian dari tiga variasi ini digunakan untuk menganalisa daya (P_t) torsi (τ) efisiensi (η) dan TSR (λ). Analisa perhitungan pada turbin air savonius dengan variasi jumlah alur 6,7, dan 8 alur, pada kecepatan aliran konstan (V) = 0,455 m/s dengan pembebanan (m) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$A = D \times H \dots\dots\dots[1]$$

Dimana :

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

Kecepatan air yang mengalir dalam saluran, dapat diperoleh dari pembagian Panjang saluran yang lalui air dengan rata-rata waktu tempuh sebagai berikut :

$$V = L / t \dots\dots\dots[2]$$

Dimana :

V = Kecepatan aliran air (m/s)
 L = Panjang saluran yang dilalui air (m)
 t = Waktu yang ditempuh (s)

Debit merupakan banyaknya air yang mengalir, yang diperoleh dari perkalian antara luas penampang dengan kecepatan aliran sebagai berikut :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots[3]$$

Dimana :

Q = Debit air (m³/s)
A = Luas penampang (m²)
V = Kecepatan aliran air (m/s)

Head efektif adalah beda ketinggian antara muka air dengan air keluar dari turbin yang diperoleh sebagai berikut:

$$h = \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots[4]$$

Dimana :

h = *Head* efektif (m)
v = Kecepatan aliran air (m/s)
g = Percepatan gravitasi bumi (9,81 m/s²)

Daya air merupakan energi kinetik dan air yang mengalir yang diperoleh dari perkalian antara densitas air dengan percepatan gravitasi bumi kemudian dikalikan dengan debit dan *head* efektif sebagai berikut:

$$P_a = \rho \times g \times Q \times h \dots\dots\dots[5]$$

Dimana:

P_a = Daya air yang tersedia (Watt)
ρ = Suhu air yang mengalir pada penelitian ini adalah 22°C, kemudian data dari tabel sifat fisik air dilakukan interpolasi sehingga nilai ρ diperoleh.
g = Percepatan gravitasi bumi (9,81m/s²)
Q = Debit air (m³/s)
h = Head efektif (m)

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

$$F = m.g \dots\dots\dots[6]$$

Dimana :

F = gaya yang terjadi (N)
m = massa benda (kg)
g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Torsi (τ) adalah Hasil kali antara gaya yang berkerja pada poros dengan jari-jari poros.

$$\tau = F.r \dots\dots\dots[7]$$

Dimana :

τ = besarnya torsi yang terjadi (N.m)
F = gaya yang bekerja terhadap poros (N)
r = jari-jari poros (m)

Kecepatan sudut (ω)

$$\omega = (2.\pi.r)/60 \dots\dots\dots[8]$$

Dimana :

ω = kecepatan putaran sudut (rad/s)
n = jumlah putaran (rpm)
π = 3.14

Daya turbin air (P_t) merupakan daya yang dihasilkan oleh kincir air sebagai akibat dari putaran kincir air dan torsi yang terjadi.

$$P_t = \tau . \omega \dots\dots\dots[9]$$

Dimana :

P_t = daya yang dihasilkan oleh turbin(Watt)
τ = besarnya torsi yang terjadi (N.m)
n = banyak putaran yang terjadi tiap satuan waktu (rpm)

Efisiensi (η) merupakan perbandingan antara p yang dihasilkan dengan daya yang tersedia dalam bentuk persen atau biasa disebut dengan kinerja.

$$\eta = p_t / p_a \times 100\% \dots\dots\dots[10]$$

Dimana :

η = efisiensi (%)
p_t = besarnya daya yang dihasilkan (watt)
p_a = besarnya daya yang tersedia (watt)

Tip Speed Ratio λ atau TSR adalah rasio antara kecepatan rotasi pada ujung sudu dan kecepatan aktual dari aliran air yang akan kemudian berpengaruh terhadap kecepatan putaran rotor. TSR dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{\omega.r}{V} \dots\dots\dots[11]$$

Dimana :

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)
r = Jari-jari pulley (m)
V = Kecepatan Aliran Air (m/s)

III. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengukuran turbin air tipe savonius model alur bergerigi horizontal sudu dua dengan variasi jumlah alur (6,7,dan 8) dapat di tampilkan dalam tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini :

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air

No.	Jarak Saluran Air (m)	Waktu (s)	Kecepatan V (m/s)
1.	10	21,8	0,45
2.		21,5	
3.		22,2	

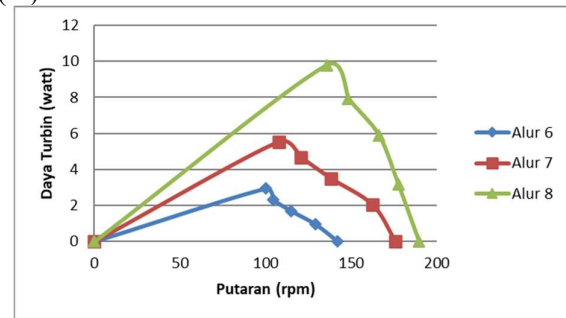
4.		22,4	
5.		22,0	
		$\bar{t} = 21,98 \text{ s}$	

Tabel 2. Data hasil Pengukuran Beban, Putaran, dan Temperatur

No	Alur	Beban m (Kg)	Putaran, n (rpm)			Suhu (°C)
			n 1	n 2	n 3	
1.	6	0,0	135,6	147	146,2	22°C
2.		0,26	129,2	133	126,4	
3.		0,52	144,4	120,8	115,2	
4.		0,78	105	102,6	106,6	
5.		1,04	101,6	100,8	98,1	
6.		1,30	0,0	0,0	0,0	
1.	7	0,0	177,6	180,3	170,0	22°C
2.		0,50	164,7	169,0	154,5	
3.		1,0	140,3	134,5	140,8	
4.		1,50	120,7	116,2	124,5	
5.		2,0	106,6	108,6	108,3	
6.		2,50	0,0	0,0	0,0	
1.	8	0,0	185,5	189,3	194,3	22°C
2.		0,70	177,2	179,7	176,0	
3.		1,40	165,5	165,1	168,1	
4.		2,10	151,1	145,9	148,5	
5.		2,80	136,2	135,5	135,5	
6.		3,50	0,0	0,0	0,0	

Hasil perhitungan data yang telah diperoleh kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik untuk mengetahui hubungan putaran dengan daya, putaran dengan torsi, putaran dengan efisiensi, dan gaya dengan TSR adalah sebagai berikut:

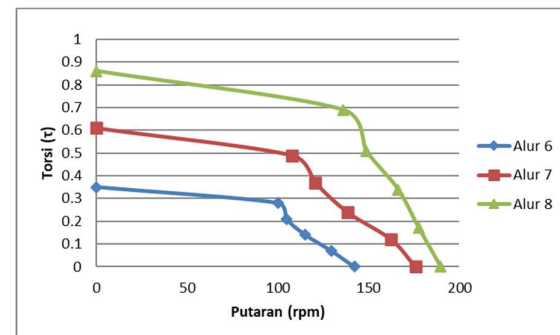
Grafik Hubungan Putaran (n) dengan Daya Turbin (Pt)



Gambar 3.1 Grafik hubungan putaran (n) dengan daya turbin (Pt)

Pada gambar 3.1 di atas dapat diketahui daya maksimum terjadi pada sudu dua dengan alur 8 sebesar 9,8 Watt dengan putaran 135,8 rpm, sedangkan daya turbin terendah terjadi pada sudu dua alur 6 sebesar 0,94 Watt dengan putaran 129,5 rpm.

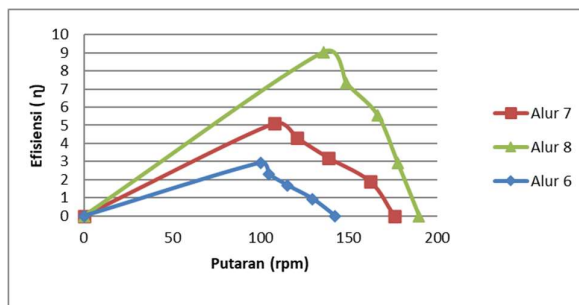
Hubungan Putaran (rpm) dengan Torsi (τ)



Gambar 3.2 Grafik hubungan putaran (n) dengan torsi (τ)

Pada gambar 3.2 di atas dapat diketahui torsi maksimum terjadi pada sudu dengan 8 alur sebesar 0,86 Nm dengan putaran 0 rpm. Sedangkan torsi turbin terendah terjadi pada sudu dua alur 6 sebesar 0,07 N.m dengan putaran 142,2 rpm.

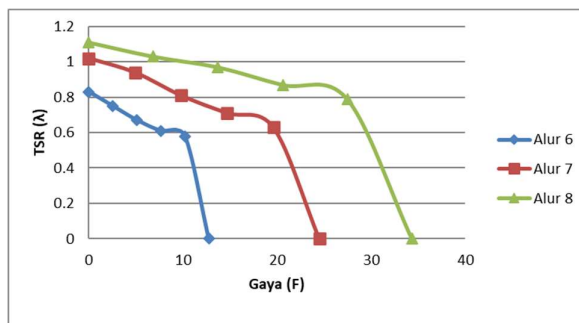
Hubungan Putaran (rpm) dengan Efisiensi (η)



Gambar 3.3 Hubungan putaran (n) dengan efisiensi (η)

Pada gambar 3.3 dapat diketahui efisiensi maksimum terjadi pada sudu dua dengan 8 alur sebesar 9,05 % dengan putaran 135,8 rpm, sedangkan efisiensi terendah terjadi pada sudu dua alur 6 sebesar 0,87 % dengan putaran 129,5 rpm.

Grafik hubungan Gaya dengan TSR



Gambar 3.4 Pengaruh Gaya Terhadap TSR

Pada gambar 3.4 di atas dapat diketahui turbin air savonius sudu dua dengan jumlah alur 6,7 dan 8. *Tip Speed Ratio* maksimum terjadi pada sudu dengan alur 8 sebesar 1,11 rad/s dengan putaran 189,7 rpm. Dan *tip speed ratio* terendah terjadi pada sudu dua dengan alur 6 sebesar 0,58 rad/s.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan data turbin air tipe savonius sudu dua dengan variasi jumlah alur bergerigi (6,7, dan 8) maka dapat di simpulkan bahwa :

1. Daya maksimum turbin air savonius dihasilkan oleh sudu dua dengan jumlah alur 8 sebesar 9,80 Watt pada putaran 135,8 rpm dengan pembebanan 2,80 kg.
2. Torsi maksimum turbin air savonius dihasilkan oleh sudu dua dengan jumlah 8 alur sebesar 0,86 Nm pada putaran 0,0 rpm dengan pembebanan 3,50 kg.
3. Efisiensi maksimum turbin air savonius dihasilkan oleh sudu dua dengan jumlah 8 alur sebesar 9,05 % pada putaran 135,8 rpm

dengan pembebanan 3,50 kg.

4. TSR maksimum turbin air savonius di hasilkan oleh sudu dua dengan alur 8 sebesar 1,11 rad/s.

Referensi

- [1] Aan. 2017 "Makalah sistem pembangkit listrik tenaga air". (<https://www.rahmantal3.wordpress.com>) dikutip pada tanggal 25 maret 2018.
- [2] Adia Cahya Purnama. 2013 "Rancang bangun turbin air sungai poros vertikal tipe savonius menggunakan pemandu arah aliran". Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November (ITS).
- [3] Ara Afandi. 2018 "Pengertian turbin air, prinsip kerja turbin air, klasifikasi turbin air". Program studi teknik mesin, fakultas teknik UNTAG Surabaya.
- [4] Ari Prasetyo. 2017 "Studi experimental pengaruh overlap sudu terhadap kinerja turbin air savonius". Universitas Sebelas Maret.
- [5] Carolus Bintoro. 2014 "Determination overlap ratio on savonius twisted water turbine using numeca software" Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Dietsel. 1996 "Turbin, pompa, dan kompresor". Erlangga Jakarta.
- [7] I.B Alit. 2019 "Uji performance turbin savonius dengan prnambahan konsentrator pada aliran air". Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- [8] Imron Hamzah. 2016 "Studi pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja savonius water turbine pada aliran dalam pipa".JurusanTeknik Mesin Universitas Sebelas Maret.
- [9] 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" Universitas Sumatera Utara.
- [10] R. D. Blevins, Applied Fluid Dynamics Handbook, Van Nostrand Reinhold Co., Lnc., New York, 1984 (Tabel sifat fiki air).