

## RANCANG BANGUN DAN UJI KINERJA ROTOR SAVONIUS BAWAH AIR SERI DENGAN SUMBU HORIZONTAL

Ardaniah<sup>1</sup>, Nurrafi Al Mukhtaram A Namsum<sup>2</sup>, Chandra Buana<sup>3</sup>, Jumadi  
Tangko<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245,  
Indonesia

\*nurrafiial@gmail.com

### **Abstract**

Indonesia is the largest archipelagic country in the world. The potential for hydropower throughout Indonesia is estimated at 845,000 million BOE, this amount is equivalent to 75.67 GW of that amount that can be utilized of 6,851.00 GWh with an installed capacity of 4,200 MW. Only 5.55% of the potential for large-scale hydropower has been utilized. Testing of the savonius turbine will be carried out at Parang Bugisi Waterfall, Tinggomoncong, Gowa. Work on this final project will be carried out for seven months from February to August 2022. Work on the tools and assembly will begin in the second week of March until May. Then, it will be continued with data collection in June and the preparation of final assignments in July to August.

Based on the research results, it was found that the generator voltage without load was 25.6 V when the turbine only rotated at 47.2 rpm, whereas when under load the average power that could be produced was 8.5 Watt with an average turbine speed of 31 rpm. The highest efficiency value is on the rotor. is at 86.73% with a torque value of 3.36 at a turbine speed of 29.9 rpm. This indicates that the tool can produce large torque at low flow.

**Keywords:** *savonius rotor, series rotor, horizontal axis.*

### **Abstrak**

Indonesia merupakan bentuk Negara kepulauan terbesar yang terdapat pada dunia. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sebesar 845.000 juta BOE, jumlah ini setara dengan 75,67 GW dari jumlah tersebut yang dapat dimanfaatkan sebesar 6.851,00 GWh dengan kapasitas terpasang 4.200 MW. Potensi tenaga air dalam skala besar ini baru dimanfaatkan sekitar 5,55%. pengujian turbin savonius ini akan dilakukan di Air Terjun Parang Bugisi, Tinggomoncong, Gowa. Pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan selama tujuh bulan dari bulan Februari sampai Agustus 2022. Pengerjaan dan perakitan alat akan dimulai di minggu kedua Maret hingga bulan Mei. Kemudian, akan dilanjutkan dengan pengambilan data pada bulan Juni dan penyusunan tugas akhir pada bulan Juli hingga Agustus.

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan tegangan generator tanpa beban adalah 25.6 V ketika turbin hanya berputar sebesar 47.2 rpm, sedangkan pada saat keadaan berbeban rata-rata daya yang mampu dihasilkan yakni sebesar 8.5 Watt dengan rata-rata kecepatan turbin 31 rpm. nilai efisiensi tertinggi pada rotor berada pada angka 86.73% dengan nilai torsi 3.36 pada kecepatan turbin 29.9 rpm. Hal ini menandakan bahwa alat tersebut dapat menghasilkan torsi yang besar pada aliran rendah.

**Kata kunci :** rotor savonius, rotor seri, sumbu horizontal.

## I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi di era digital ini menjadikan energi listrik sebagai salah satu kebutuhan primer di masyarakat. Di tengah peningkatan konsumsi energi listrik, energi fosil yang menjadi sumber energi utama semakin berkurang serta berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga menuntut diadakannya peralihan dari energi konvensional ke energi terbarukan. (Purnama & dkk, 2013)

Indonesia merupakan negara yang memiliki sumber daya alam yang melimpah sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, salah satunya adalah energi air. Energi air merupakan salah satu energi terbarukan yang banyak dimanfaatkan di Indonesia karena ketersediaannya yang sangat besar. Namun, pemanfaatan potensi energi air baru mencapai 7,2% dari keseluruhan potensi energi air yang terdapat di Indonesia yang mencapai 75.091 MW. (Taufiqurrahman & Windarta, 2020).

Aliran air dengan kecepatan aliran dan head yang tinggi sudah banyak dimanfaatkan dengan beberapa jenis turbin seperti turbin pelton, francis, dan kaplan, sedangkan aliran air yang terdapat di Indonesia umumnya merupakan aliran dengan kecepatan rendah yakni 1 m/s dan cenderung memiliki head yang rendah sehingga masih kurang dimanfaatkan karena memerlukan proses pembendungan terlebih dahulu yang akan mempengaruhi biaya dan menimbulkan kerusakan lingkungan di sekitar bendungan. (Rendi & dkk, 2021). Untuk memanfaatkan aliran-aliran air tersebut, maka dibutuhkan teknologi-teknologi inovatif yang bisa digunakan untuk mengubah aliran air dengan kecepatan rendah menjadi energi listrik. Salah satunya adalah turbin savonius sumbu horizontal yang dapat digunakan di bawah air dengan aliran air berkecepatan rendah. Turbin jenis savonius memiliki beberapa kelebihan seperti konstruksi yang sederhana dan torsi yang besar. (Rendi & Herlina, 2019)

Energi aliran air sungai atau saluran irigasi dapat dimanfaatkan dengan menggunakan turbin savonius sumbu horizontal yang mengubah aliran sungai berkecepatan rendah menjadi energi listrik dengan perancangan yang baik. Perancangan turbin ini perlu memperhatikan beberapa parameter yakni, sudut *deflector* (plat pengarah), jumlah sudu, diameter dan ketebalan sudu, serta diameter dan ketebalan plat penutup (*end-plates*). (Rendi & dkk, 2021)

Rendi dkk (2021) melakukan penelitian tentang turbin rotor bawah air dilakukan dengan jumlah sudu yang berbeda yaitu 3 sudu, 6 sudu, dan 9 sudu menghasilkan bahwa penambahan plat pengarah dapat meningkatkan kinerja turbin karena adanya peningkatan selisih torsi antara sisi cembung dan sisi cekung sudu. Dalam penelitian tersebut juga menyatakan bahwa turbin dengan 3 sudu menghasilkan nilai koefisien daya ( $C_p$ ) dan nilai koefisien momen ( $C_m$ ) terbesar di antara 2 sudu lainnya.

Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh R.P. Saini dan Anuj Kumar (2016) dapat disimpulkan bahwa besarnya *aspect ratio* berbanding lurus dengan besarnya koefisien daya. Selain itu, adanya penambahan *end-plate* (plat penutup) pada setiap ujung rotor dapat meningkatkan koefisien daya turbin hingga 36%.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, permasalahan yang biasa ditemui adalah berupa konstruksi turbin yang belum sempurna karena besarnya gaya drag yang terjadi sehingga daya yang dihasilkan rendah. Berdasarkan latar belakang tersebut, kami akan melakukan penelitian mengenai "Rancang Bangun dan Uji Kinerja Rotor Savonius Bawah Air Seri dengan Sumbu Horizontal".

## II. METODE PENELITIAN

### A. Waktu dan Tempat

Kegiatan pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan di Laboratorium Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sedangkan pengujian turbin savonius ini akan dilakukan di Air Terjun Parang Bugisi, Tinggomoncong, Gowa. Pengerjaan tugas akhir ini akan dilakukan selama tujuh bulan dari bulan Februari sampai Agustus 2022.

### B. Teknik Penelitian

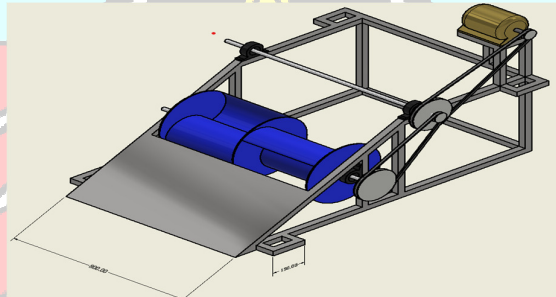
Teknik penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan membandingkan rotor savonius bawah air yang diberi beban Tarik, beban generator, dan beban lampu. Dimana kecepatan turbin, kecepatan generator, kecepatan sudu, tegangan dan arus generator, daya air dan generator, torsi, Tip Speed Ratio, koefisien torsi dan efisiensi sistem yang dijadikan sebagai pembanding

### C. Alat yang digunakan

Alat yang digunakan yaitu mesin Las, mesin gerinda, mesin bor, tang rivet, generator DC, plat, besi hollow, bearing, pipa bearing, elektroda, kabel, lampu 5W dan 10W dengan tegangan 12V, multimeter, tang ampere, timbangan digital, tacometer.

### D. Tahap Perancangan

Tahap Perancangan bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan *rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal* ini yang beroperasi dengan optimal.

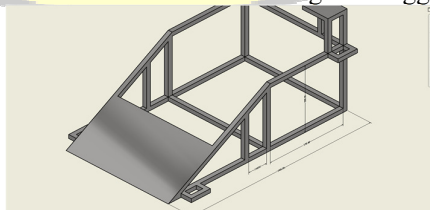


Gambar 1. Perancangan *rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal*

### E. Tahap Rancang Bangun dan Perakitan

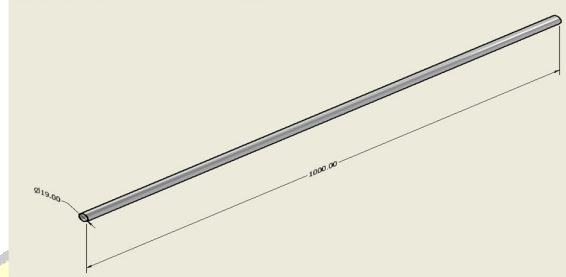
Setelah proses perancangan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses Rancang Bangun masing-masing Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing adalah sebagai berikut :

1. Rangka turbin savonius bertingkat dengan sumbu horizontal
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
  - b. Mengukur dan memotong besi hollow sesuai dengan ukuran.
  - c. Menyambungkan besi hollow sesuai desain dengan menggunakan mesin las.



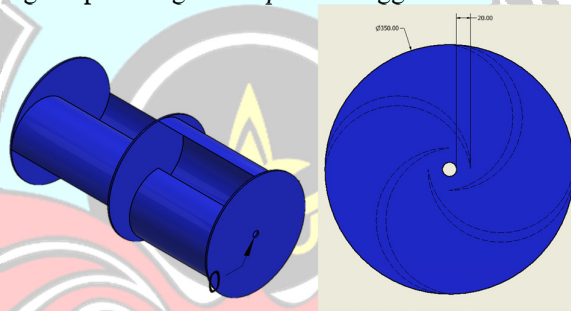
Gambar 2. Desain body

2. Pembuatan poros
  - a. Poros yang digunakan adalah pipa galvanis.
  - b. Memotong pipa galvanis menggunakan gerinda dengan ukuran 100 cm.



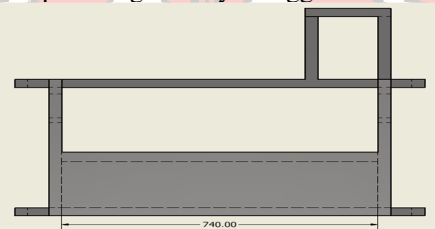
Gambar 3. Desain poros

3. Pembuatan rotor
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
  - b. Memotong plat sesuai dengan ukuran.
  - c. Membengkokkan plat.
  - d. Menyambungkan plat dengan *end-plate* menggunakan rivet.

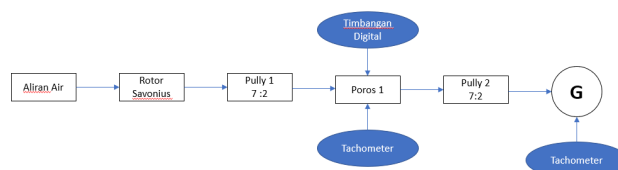


Gambar 4. Desain rotor

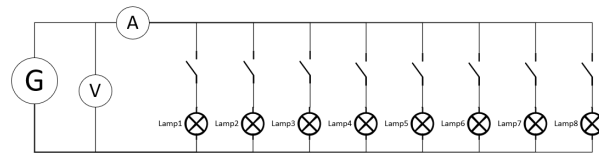
4. Pembuatan deflector
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
  - b. Memotong plat sesuai dengan ukuran.
  - c. Menyambungkan plat dengan body menggunakan rivet.



Gambar 5. Desain deflektor



Gambar 6. line diagram Rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal



Gambar 7. Rangkaian pengujian

### F. Prosedur Pengujian

Rotor savonius dengan sumbu horizontal merupakan suatu alat yang merubah energi kinetik dari air menjadi energi gerak rotasi pada poros turbin. Reaksi impuls menghasilkan suatu momen puntir pada poros sudu yang menyebabkan runner berputar dan terus berputar selama ada air yang mengalir. Adapun konstruksi untuk rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal. Bentuk fisik dari Rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal yang telah dibuat disajikan pada gambar. Langkah pengujian dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Pastikan semua komponen turbin terpasang dengan baik.
2. Letakkan alat pada saluran air.
3. Pastikan turbin bekerja dengan baik sebelum proses pengambilan data dimulai.
4. Mengukur kecepatan aliran dan debit pada saluran air.
5. Mencatat dan mengukur beban dan putaran turbin.
6. Mengukur kecepatan putaran turbin dengan Tachometer.
7. Mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan generator menggunakan multimeter.
8. Catat hasil pengukuran pada tabel.
9. Mengulang langkah 6-8 dengan beban yang berbeda.
10. Pengujian selesai.



Gambar 8. hasil konstruksi untuk rotor savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

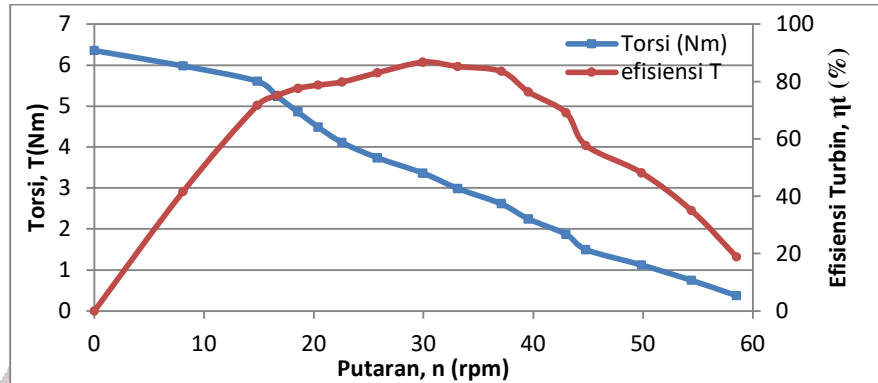
Tabel 3.1 Hasil Analisis Data Torsi Rotor Savonius Berbeban

(Kg)	Putaran Transmisi 1 (rpm)	Putaran Turbin (rpm)	Torsi (Nm)	Daya Turbin (Watt)	Efisiensi Turbin (%)
1	210,7	58,5	0,37	2,29	18,84
2	195,9	54,4	0,75	4,26	35,03
3	179,5	49,9	1,12	5,85	48,14
4	161,3	44,8	1,50	7,01	57,68
5	154,7	43,0	1,87	8,41	69,15
6	142,4	39,6	2,24	9,28	76,38
7	133,5	37,1	2,62	10,15	83,54
8	119,2	33,1	2,99	10,36	85,25
9	107,8	29,9	3,36	10,54	86,73
10	92,9	25,8	3,74	10,10	83,05
11	81,2	22,6	4,11	9,71	79,85
12	73,4	20,4	4,49	9,57	78,74
13	66,8	18,6	4,86	9,44	77,63
14	60,1	16,7	5,23	9,14	75,22
15	53,5	14,9	5,61	8,72	71,74
16	29,1	8,1	5,98	5,06	41,62
17	0,0	0,0	6,35	0,00	0,00

Tabel 3.2 Hasil Analisis Data Rotor Savonius dengan Beban Lampu

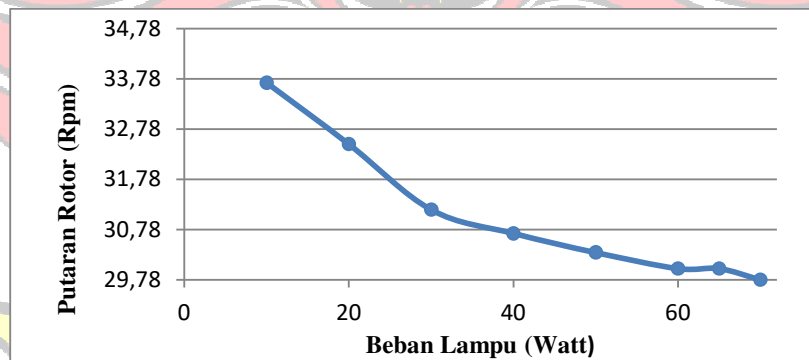
Beban (Watt)	Kec. Generator (rpm)	Kec. Turbin (rpm)	Tegangan Generator (V)	Arus Generator (A)	Daya Air (Watt)	Daya Generator (Watt)	Kec. Sudut (rad/s)	Torsi (Nm)	Tsr	Cm	$\eta_s$
10	437	33,70	13,86	0,50	12,156	6,930	3,527	1,965	1,333	0,214	57,011
20	421	32,48	12,20	0,75		9,150	3,400	2,692	1,285	0,293	75,274
30	404	31,17	11,60	0,77		8,932	3,262	2,738	1,233	0,298	73,481
40	398	30,70	11,40	0,77		8,778	3,213	2,732	1,215	0,297	72,214
50	393	30,32	11,30	0,77		8,701	3,173	2,742	1,200	0,298	71,580
60	390	30,00	11,10	0,79		8,769	3,140	2,793	1,187	0,304	72,140
65	390	30,00	11,10	0,79		8,769	3,140	2,793	1,187	0,304	72,140
70	386	29,78	10,20	0,79		8,058	3,117	2,585	1,178	0,281	66,291

Setelah dilakukan analisis data hasil pengujian, maka selanjutnya data hasil analisis dibuat dalam bentuk visual grafik perbandingan.



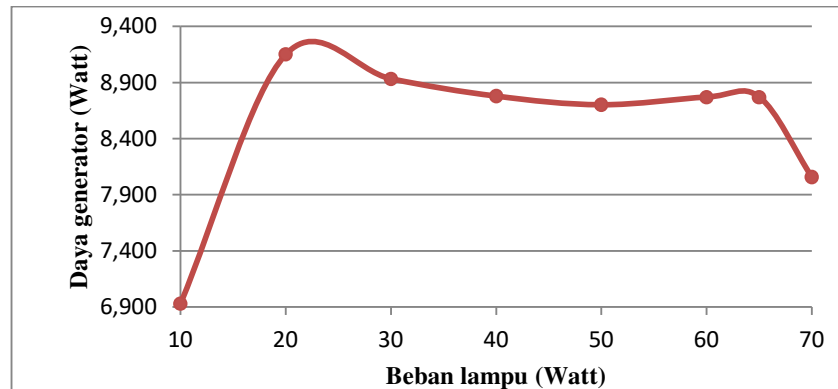
Gambar 4.1 Grafik Hubungan antara putaran, torsi, dan efesinsi turbin

Berdasarkan gambar 4.1 diketahui bahwa besarnya torsi mempengaruhi jumlah putaran pada rotor. Torsi maksimum terjadi pada pembebanan 17 kg dimana rotor berhenti berputar dengan torsi sebesar 6,35 Nm(tabel 4.4).Efisiensi rotor yang minimum sebesar 18,84% terjadi pada pembebanan 1 kg dengan putaran rotor 58,5 rpm dan nilai torsi sebesar 0,37 Nm. Sedangkan efisiensi rotor mencapai titik maksimum sebesar 86,73 % pada pembebanan 9 kg dengan putaran rotor 29,9 rpm dan nilai torsi sebesar 3,36 Nm (tabel 4.4). Setelah pembebanan 9 kg, efisiensi rotor mengalami penurunan yang diakibatkan oleh pembebanan yang terus bertambah dengan daya air yang konstan.



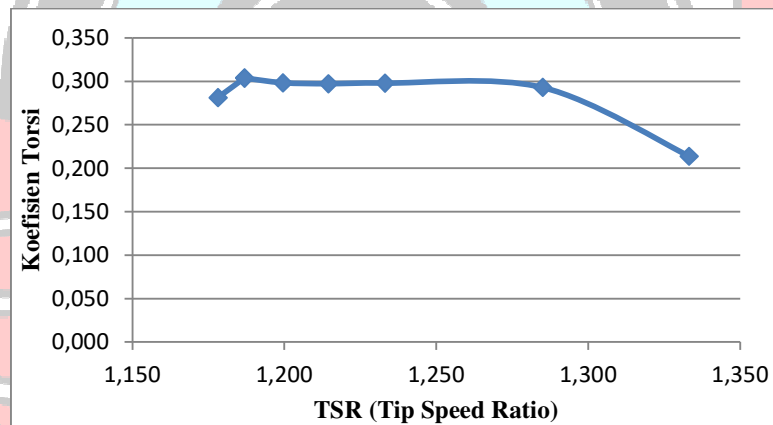
Gambar 4.2 Hubungan antara beban lampu dengan putaran rotor

Berdasarkan gambar 4.2, diketahui bahwa jumlah pembebanan mempengaruhi kecepatan putaran rotor. Pada saat pembebanan dengan beban lampu, putaran turbin semakin menurun seiring dengan beban yang semakin besar. Putaran maksimum rotor yaitu 33,7 rpm terjadi pada beban 10 watt dan mencapai putaran minimum yaitu 29,78 rpm pada beban 70 watt. Berdasarkan penelitian terdahulu, pada beban 10 watt dihasilkan putaran rotor 32,59 rpm. Sedangkan berdasarkan penelitian yang kami lakukan dengan beban yang sama dihasilkan putaran rotor 33,7 rpm. Artinya terjadi peningkatan putaran sebesar 3,28%.



Gambar 4.3 Hubungan antara beban lampu dengan daya generator

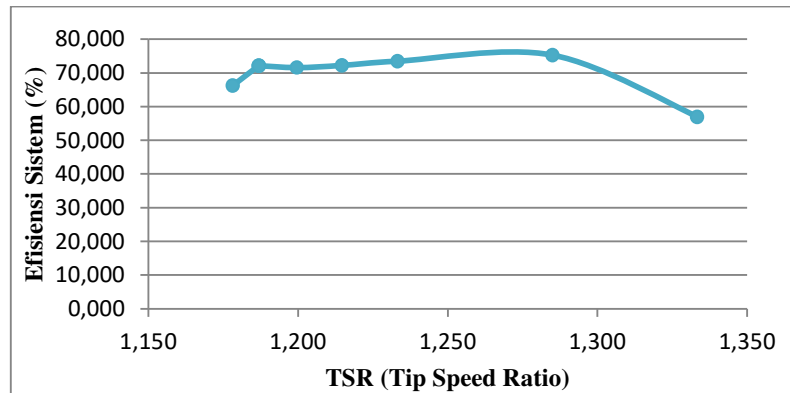
Berdasarkan gambar 4.3, diketahui bahwa pembebanan memberikan pengaruh pada daya yang dihasilkan generator. Dari beban 10 watt ke 20 watt terjadi peningkatan daya yang signifikan sebesar 24, 26%. Sedangkan pada beban 20 watt hingga 65 watt, daya generator cenderung konstan dan mengalami penurunan sebesar 8,1%. Hal ini diakibatkan oleh beban yang semakin bertambah dengan daya air yang konstan.



Gambar 4.4 Hubungan antara tip speed ratio dengan koefisien torsi

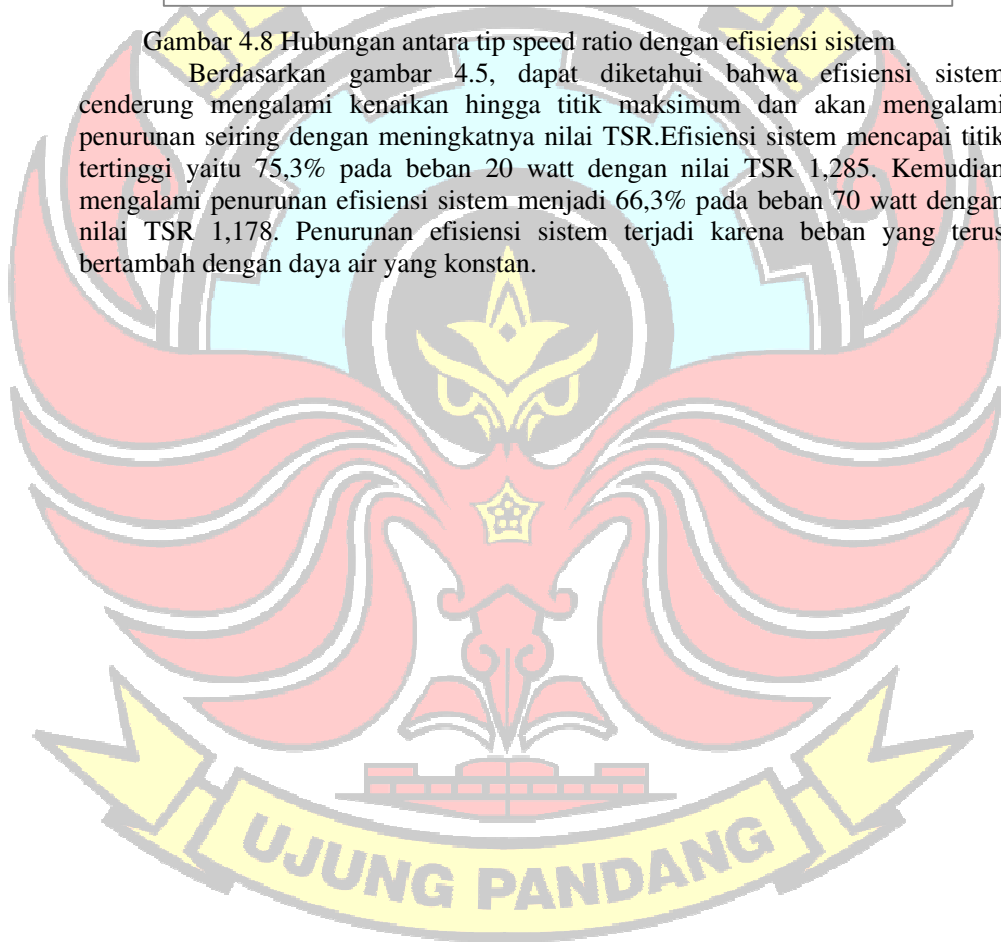
Berdasarkan gambar 4.4, diketahui bahwa tip speed ratio mempengaruhi nilai koefisien torsi. Nilai koefisien torsi meningkat seiring dengan menurunnya nilai TSR. Nilai TSR semakin menurun seiring dengan bertambahnya beban dan sebaliknya, nilai koefisien torsi semakin meningkat seiring bertambahnya pembebanan. Namun pada beban 70 watt, nilai koefisien torsi mengalami penurunan yang disebabkan oleh menurunnya daya yang dihasilkan generator. Nilai TSR tertinggi yaitu 1.33 terjadi pada nilai koefisien torsi terendah yaitu 0,214.





Gambar 4.8 Hubungan antara tip speed ratio dengan efisiensi sistem

Berdasarkan gambar 4.5, dapat diketahui bahwa efisiensi sistem cenderung mengalami kenaikan hingga titik maksimum dan akan mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya nilai TSR. Efisiensi sistem mencapai titik tertinggi yaitu 75,3% pada beban 20 watt dengan nilai TSR 1,285. Kemudian mengalami penurunan efisiensi sistem menjadi 66,3% pada beban 70 watt dengan nilai TSR 1,178. Penurunan efisiensi sistem terjadi karena beban yang terus bertambah dengan daya air yang konstan.



#### IV. KESIMPULAN

Hasil rancangan Rotor Savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal, telah dibuat dan diuji. Adapun hasil rancangan ini terdiri dari beberapa bagian, yaitu rangka, poros, sudu rotor dan deflektor dengan diameter sudu rotor 35 cm dan panjang turbin 70 cm. Berdasarkan hasil penelitian terhadap Rotor Savonius bawah air seri dengan sumbu horizontal didapatkan nilai efisiensi tertinggi pada rotor berada pada angka 86.73% dengan nilai torsi 3.36 pada kecepatan turbin 29.9 rpm. Hal ini menandakan bahwa alat tersebut dapat menghasilkan torsi yang besar pada aliran rendah. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan tegangan generator tanpa beban yang dapat dihasilkan oleh Rotor Savonius bawah air seri setelah di transmisikan adalah 25.6 V ketika turbin hanya berputar sebesar 47.2 rpm, sedangkan pada saat keadaan berbeban rata-rata daya yang mampu dihasilkan yakni sebesar 8.5 Watt dengan rata-rata kecepatan turbin 31 rpm.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adia, P. (2013). Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros. *JURNAL TEKNIK POMITS*, 279.
- [2] Agung, A. I. (2013). Potensi Sumber energy alternatif. *POTENSI SUMBER ENERGI ALTERNATIF DALAM MENDUKUNG*, 894.
- [3] Anugera, Y. (2019). Unjuk Kerja Kincir Air Savonius Poros Horizontal Empat Sudu Dengan Variasi Sudut Deflektor. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [4] Arismunandar, W. (2004). Penggerak Mula Turbin, edisi 3. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- [5] Prayogo, E. (2003). Teknologi Mikrohidro dalam Pemanfaatan Sumber Daya Air untuk Menunjang Pembangunan Pedesaan. Semiloka Produk-produk Penelitian Departement Kimpraswill.
- [6] Purnama, A. C., dkk. (2013). Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran. *Jurnal Teknik POMITS*.
- [7] Putra, I. W., dkk. (2018). Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turin Archimedes Screw. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 385-392.
- [8] Rendi, dkk. (2021). Desain Rotor Bawah Air Untuk Memanfaatkan Laju Aliran Sungai Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Material*, 77-78.
- [9] Rendi, & Herlina, F. (2019). Penambahan Lingkaran Pelindung Pada Turbin Air Rotor Savonius. *Info Teknik*, 237-254.
- [10] Risnandar, dkk. (2011). GIS untuk Menentukan Potensi Pembangunan Piko-Hidro. *Jurnal Teknologi Informasi*.
- [11] Saini, R. P., & Kumar, A. (2016). Performance Parameters of Savonius Type Hydrokinetic Turbine - A Review. *Renewable and Sustainable Energy Review*, 289-310.
- [12] Taufiqurrahman, A., & Windarta, J. (2020). Overview Potensi dan Perkembangan Pemanfaatan Energi Air di Indonesia. *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*.
- [13] Yudistira, R., dkk. (2021). Uji Eksperimental Pengembangan Turbin Hidrokinetik Savonius Berdasarkan Bentuk Profil Distribusi Kecepatan Aliran. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 1-11.