

# PENAMBAHAN LINGKARAN PELINDUNG PADA TURBIN AIR ROTOR SAVONIUS

**Rendi dan Firda Herlina**

*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Kalimantan*

*Email: rendi.teknikmesin@gmail.com*

## ABSTRACT

The savonius water turbine has a main component, which is blade, the concave portion has a positive work and the convex blade has a negative work. Concave profiles in advancing blade as flow catchers and convex profiles on the returning blade as reflecting flow so that there is a difference in torque. The greater the torque difference the better the turbine performance. The way to enlarge this torque difference is by enlarging the drag force. This study aims to increase the difference in torque by adding a protective circle behind the blade advancing blade. This research uses Solidwork software to design turbines and Ansys CFX 19.2 software to analyze torque. Based on the analysis results, the addition of a protective circle can increase the difference in torque. The largest torque value is owned by the turbine with the addition of a protective circle 10 mm from the blade of 46,524 Nm, the largest power value is owned by the turbine with the addition of a protective circle 10 mm by 182 Watts and the greatest efficiency value is owned by the turbine with the addition of a protective circle 10 mm 50% turbine. The addition of a protective circle 10 mm away from the blade is the most optimal turbine geometry for use in water flow power plants, especially in slow-flow rivers.

**Keywords:** Savonius turbine, protective circle, torque, blade advancing

## 1. PENDAHULUAN

Turbin air rotor Savonius adalah salah satu turbin air yang banyak dikembangkan untuk turbin arus sungai alasannya karena memiliki kelebihan di bandingkan dengan turbin arus sungai lain diantaranya: konstruksi turbin sederhana, torsi turbin besar dan turbin bisa beroperasi di aliran lambat. (Damak, Driss and Abid, 2013), (Ariyadi, M.H 2011)

Kelebihan ini mendukung turbin ini dikembangkan di wilayah-wilayah Indonesia khususnya di Kalimantan Selatan yang banyak memiliki aliran sungai berarus lambat.

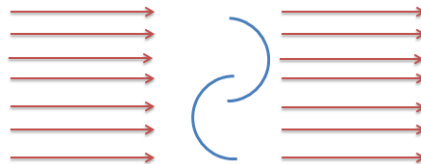


Gambar 1. Dokumentasi Aliran Sungai di Kalimantan Selatan

Salah satu objek sungai yang menjadi kajian dalam pengujian turbin air adalah sungai kembang Banjar Baru Pintab Kabupaten Balangan. Berdasarkan data lapangan kedua sungai ini memiliki kecepatan aliran antara 0.5 m/s sampai 2 m/s. tergantung titik lokasi pengujian.

Turbin air savonius memiliki komponen utama yaitu sudu. Sudu. Secara umum sudu bisa berjumlah dua buah sudu, tiga buah sudu, empat buah sudu dan bersudu banyak. Sudu memiliki peranan utama dalam menghasilkan tenaga turbin karena secara umum turbin air rotor savonius memiliki prinsip kerja mengubah energi air menjadi energi kinetik rotasi melalui sudu.

Ilustrasi gambar 1.2 dapat dikatakan bahwa bagian cekung sudu memiliki kerja positif dan bagian cembung sudu memiliki kerja negatif. Dapat dikatakan juga memiliki dua tipe sudu yaitu *advancing blade* yang berbentuk cekung dan *returning blade* yang berbentuk cembung. Profil cekung pada *advancing blade* ini seakan berfungsi sebagai “penangkap” aliran air dan profil cembung pada *returning blade* ini berfungsi sebagai pemantul aliran ke arah sekitarnya. Sehingga Terdapat torsi positif dan torsi negatif, yang menimbulkan selisih torsi. Semakin besar selisih torsi maka semakin baik kinerja turbin.



Gambar 2. Ilustrasi Aliran air Melewati Sudu Turbin Air Rotor Savonius

Adapun cara untuk memperbesar selisih torsi ini adalah dengan memperbesar gaya drag pada *advancing blade*. Sehingga torsi yang memutar rotor turbin Savonius akan semakin besar. Salah satu caranya adalah dengan menambahkan pelindung plat di

depan sudu turbin seperti yang diteliti oleh Shouichiro Iio (2011) dan Golecha Kailash (2012). Tetapi kinerja turbin masih belum maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan selisih torsi dengan menambahkan lingkaran pelindung di belakang sudu *advancing blade*.

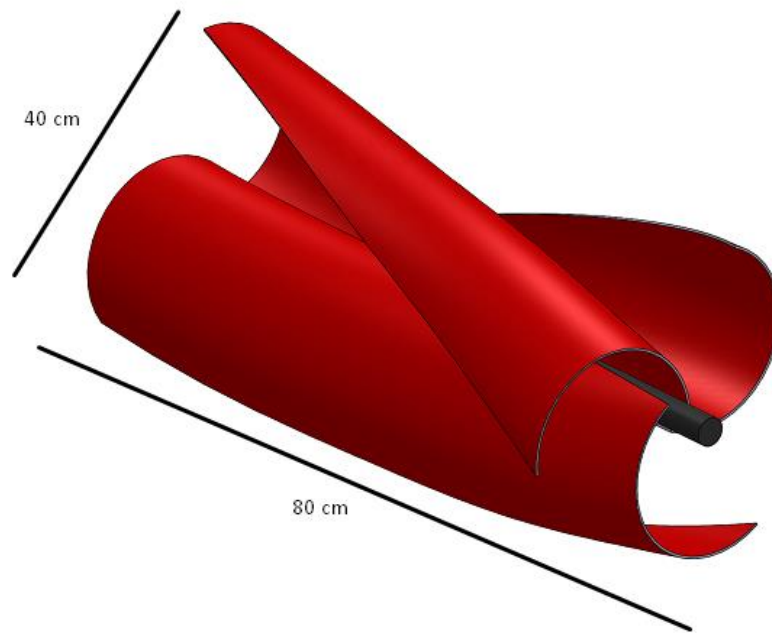
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengambil lokasi sungai Pitap (batang banyu) terletak di daerah Paringin Kalimantan Selatan. Berdasarkan data pengamatan dilapangan kecepatan aliran air pada sungai berkisar antara 0.5 m/s sampai 1.5 m/s tergantung titik pengujian.

Pada penelitian ini peneliti menambahkan lingkaran pelindung di bagian *advancing blade* dengan memvariasikan jarak lingkaran pelindung terhadap sudu. Variasi jarak lingkaran pelindung yang digunakan adalah 10 mm, 30 mm, 50 mm, 70 mm, 90 mm, 110 mm dan 130 mm dengan jumlah sudu 3. Variasi tersebut akan dianalisa dengan menggunakan Ansys CFX untuk mengetahui nilai Force yang akan digunakan untuk perhitungan torsi, daya dan efisiensi turbin

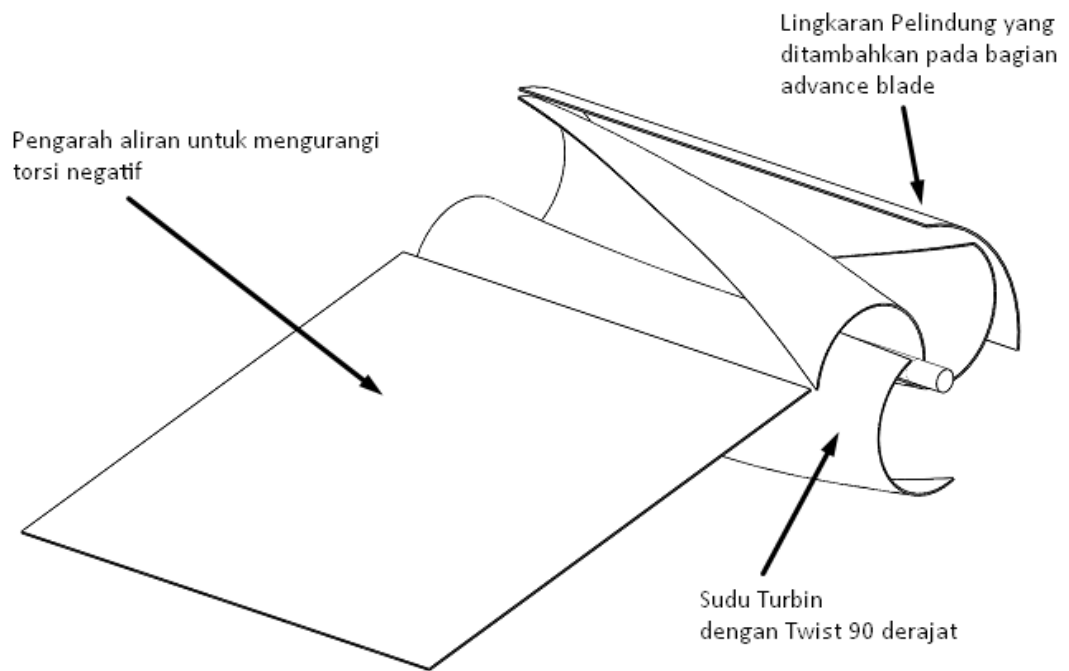
Peneliti merancang turbin berdasarkan geometri turbin yang telah diteliti sebelumnya dengan dimensi sebagai berikut :

1. Jenis Turbin : Savonius
2. Twis sudu : 90 derajat
3. Diameter : 40 cm
4. Panjang : 80 cm
5. Jumlah sudu : 3
6. Busur sudu : 180 derajat
7. Tidak menggunakan overlap

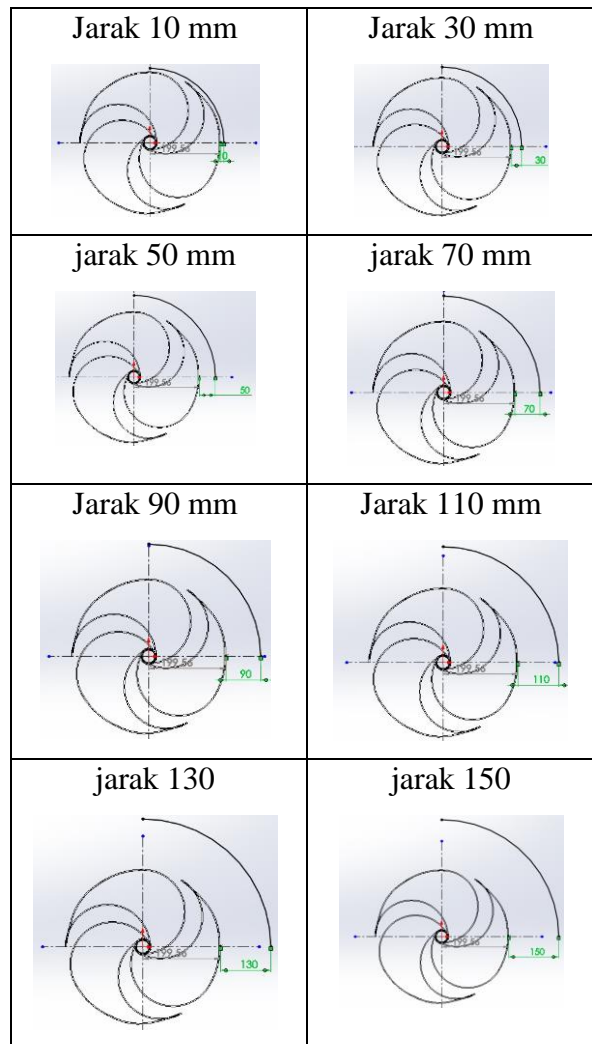


Gambar 3. Geometri turbin

Penelitian ini menambahkan pengarah aliran di depan arah roda turbin dan menambahkan lingkaran pelindung di belakang roda turbin sebagai berikut :

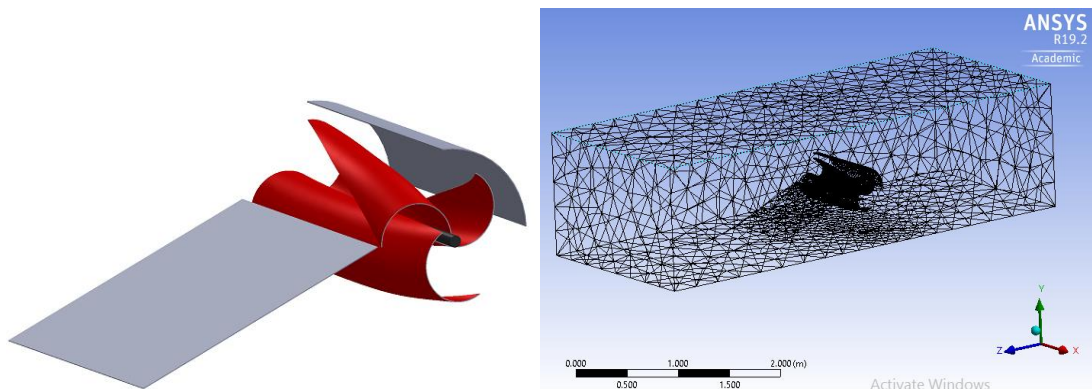


Gambar 4. Desain turbin dan lingkaran pelindung



Gambar 5. variasi jarak lingkaran lelung

Pengujian turbin dilakukan dengan cara memberikan aliran fluida ke semua sudu turbin.

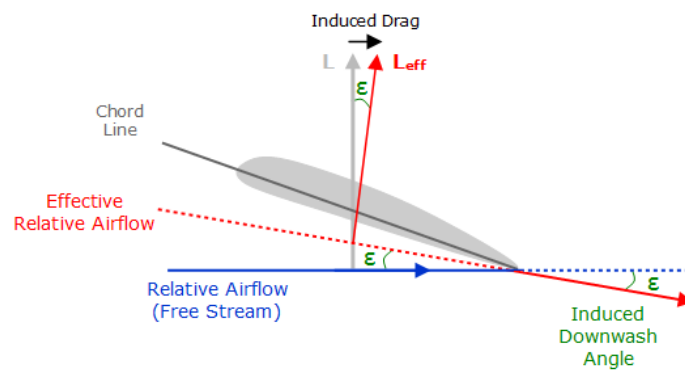


Gambar 6. Geometri turbin dan Geometri area fluida

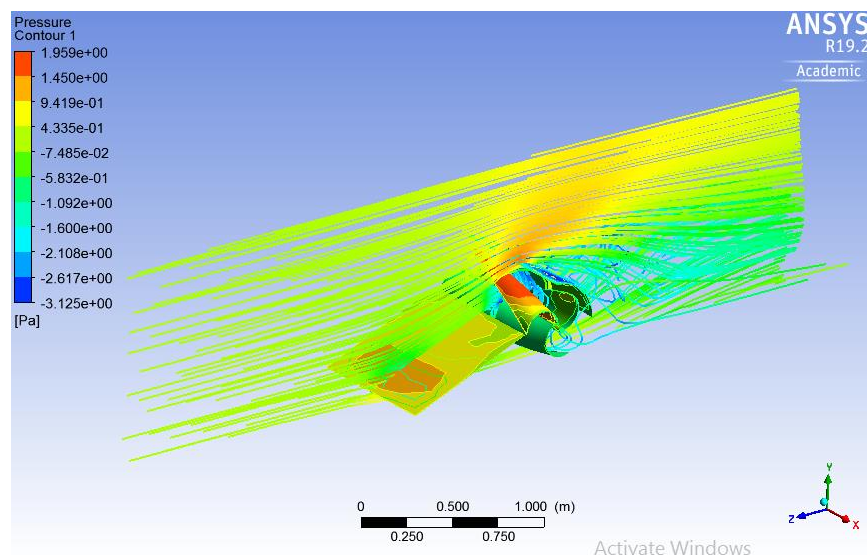
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1 Perhitungan Gaya Turbin

Prinsip kerja turbin air savonius adalah menangkap energi kinetik aliran untuk diubah menjadi energi kinetik besar kecilnya daya tangkap tergantung geometri sudu. Yang pada sudu tersebut akan menghasilkan gaya aerodinamik. Pada penelitian ini peneliti menggunakan software Ansys untuk mendapatkan nilai drag dan lift force pada sudu dengan variasi kecepatan aliran air 0.5 m/s 1 m/s dan 1.5 m/s.



Gambar 7. Vektor gaya pada airfoil



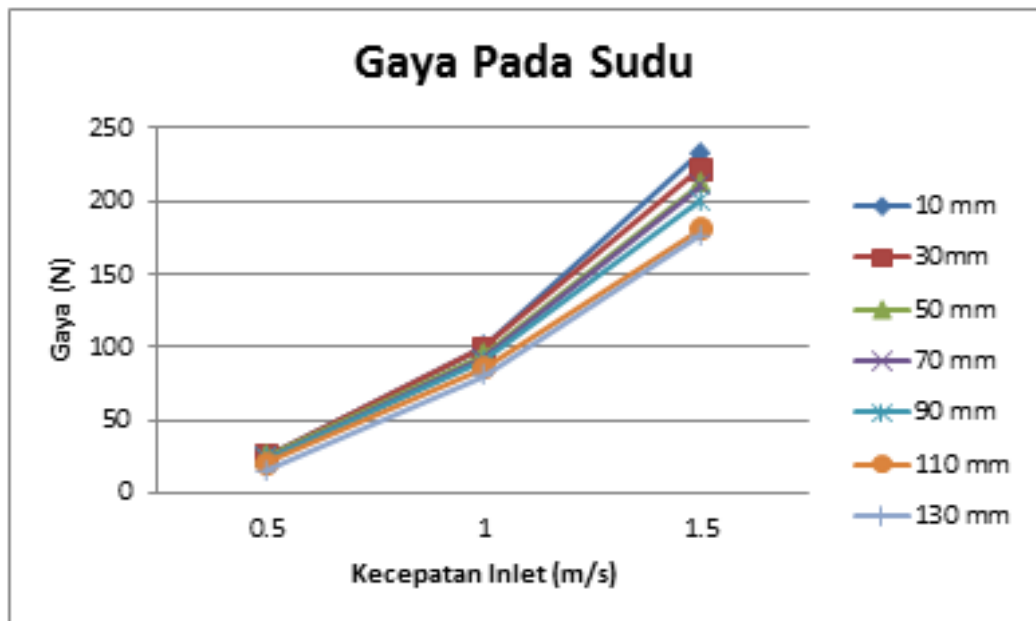
Gambar 8. Simulasi CFD sudu Turbin dengan Ansys

Berikut hasil perhitungan force dengan menggunakan metode numerik (metode simulasi CFD)

Tabel 1. Hasil perhitungan gaya metode numerik

No	Jarak Lingkaran Pelindung dari Sudu (mm)	Kecepatan Intel (m/s)	Gaya (N)
1	10 mm	0.5 m/s	25.486
		1 m/s	100.19
		1.5 m/s	232.62
2	30 mm	0.5 m/s	25.41
		1 m/s	99.1
		1.5 m/s	222.33
3	50 mm	0.5 m/s	24.31
		1 m/s	95
		1.5 m/s	212
4	70 mm	0.5 m/s	23.67
		1 m/s	92.43
		1.5 m/s	210.54
5	90 mm	0.5 m/s	23.2
		1 m/s	90.23
		1.5 m/s	200.23
6	110 mm	0.5 m/s	20.34
		1 m/s	85.67
		1.5 m/s	180.97
7	130 mm	0.5 m/s	15.67
		1 m/s	80.53
		1.5 m/s	176.4

Berdasarkan tabel 1 nilai Gaya tertinggi dimiliki turbin dengan ukuran jarak lingkaran pelindung dari sudu 10 mm sebesar 232,65 N.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Gaya dengan kecepatan aliran air

Berdasarkan grafik pada gambar 9 gaya yang diterima sudu tertinggi dimiliki oleh turbin didesain dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 232,65 N.

## 2 Perhitungan Torsi Turbin

Perhitungan nilai torsi didapatkan dari hasil kali gaya yang diterima sudu dengan jari-jari pada setiap sudu dinyatakan dalam persamaan :

$$T = F \times R$$

Dimana :

$T$  = Torsi (N.m)

$F$  = Gaya (N)

$R$  = Jari-jari (m)

Contoh perhitungan torsi turbin pada desain turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu :

Diketahui :  $F = 25.486 \text{ N}$

$R = 0,20 \text{ m}$

Persamaan :  $T = F \times R$

Jawab :  $25.485 \times 0.3$

$5.972 \text{ N.m}$



Tabel 2. Perhitungan gaya dan torsi turbin

No	Jarak Lingkaran Pelindung dari Sudu (mm)	Kecepatan Intel (m/s)	Gaya (N)	Torsi (N.m)
1	10 mm	0.5 m/s	25.486	5.0972
		1 m/s	100.19	20.0382
		1.5 m/s	232.62	46.524
2	30 mm	0.5 m/s	25.41	5.082
		1 m/s	99.1	19.82
		1.5 m/s	222.33	44.466
3	50 mm	0.5 m/s	24.31	4.862
		1 m/s	95	19
		1.5 m/s	212	42.4
4	70 mm	0.5 m/s	23.67	4.734
		1 m/s	92.43	18.486
		1.5 m/s	210.54	42.108
5	90 mm	0.5 m/s	23.2	4.64
		1 m/s	90.23	18.046
		1.5 m/s	200.23	40.046
6	110 mm	0.5 m/s	20.34	4.068
		1 m/s	85.67	17.134
		1.5 m/s	180.97	36.194
7	130 mm	0.5 m/s	15.67	3.134
		1 m/s	80.53	16.106
		1.5 m/s	176.4	35.28

Berdasarkan pada tabel 2 torsi yang diterima sudu tertinggi dimiliki oleh turbin didesain dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 46.524 N.m

### 3 Perhitungan Daya Turbin

Besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin merupakan energi poros yang diperoleh turbin dari energi aliran air daya turbin dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P_T = (T) \cdot (\omega)$$

Dimana :

$P_T$  = Daya turbin (watt)

T = Torsi (N.m)

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

Untuk menghitung daya turbin kita harus terlebih dahulu mengetahui kecepatan sudut turbin. Kecepatan sudut turbin diperoleh berdasarkan nilai TSR. TSR merupakan perbandingan antarakecepatan putar turbin terhadap kecepatan aliran air.

$$\lambda = \frac{(\omega) \cdot (R)}{(v)}$$

Dimana :

$\lambda$  = tip speed ratio

$\omega$  = kecepatan sudut (rad/s)

$v$  = kecepatan aliran sungai (m/s)

R = jari-jari (m)

Kecepatan sudut turbin diperoleh berdasarkan hasil eksperimen yang sudah dilakukan sebelumnya di sungai pintab kabupaten paringin Kalimantan Selatan. Contoh perhitungan tip speed ratio pada kecepatan sudut rata-rata 3.14 rad/s dan kecepatan air 0.5 m/s

Diketahui :  $\omega = 3.14$  rad/sekon

R = 0.20 m

$v = 0.5$  m/s

Persamaan :  $\lambda = (v) \cdot (\omega \cdot R) / v$

Jawab :  $= (3.14$   
 $\text{rad/s})(0.2\text{m})/0.5$   
 $\text{m/s})$   
 $= 0.52$

Sehingga kecepatan sudut turbin dapat diperoleh melalui persamaan :

$$\omega = (v) \frac{\lambda}{R}$$

Dimana :

$\lambda$  = tip speed ratio

$v$  = kecepatan aliran sungai (m/s)

$R$  = jari-jari (m)

Contoh perhitungan kecepatan sudut turbin pada kecepatan aliran sungai 0.5 m/s dan jarak lingkaran pelindung dari sudu 10 mm

Diketahui :  $\lambda = 0.52$

$R = 0.20$  m

$v = 0.5$  m/s

Persamaan :  $\omega = (v) \cdot (\lambda / R)$

Jawab :  $= (0.5 \text{ m/s}) \cdot (3.14 / 0.5 \text{ m/s})$   
 $= 1.30$  rad/s

Tabel 3. Hasil perhitungan kecepatan sudu turbin

No	Kecepatan Intel (m/s)	Jari-jari (m)	Tip speed ratio	Kecepatan Sudut (rad/s)
1	0.5	0.2	3.14	1.308
2	1	0.2	3.14	2.617
3	1.5	0.2	3.14	3.925

Berdasarkan tabel 3. nilai kecepatan sudut tertinggi terjadi pada kecepatan aliran 1.5 m/s sebesar 3.925 rad/s Berikut merupakan contoh perhitungan daya turbin pada kecepatan aliran 0.5 m/s dengan carak lingkaran pelindung 10 mm.

Diketahui :  $T = 5.0972$  N.m

$\omega = 1.308$  rad/s

Persamaan :  $P_t = (T) \cdot (\omega)$

Jawab :  $= (5.0972 \text{ N.m}) \cdot (1.308 \text{ rad/s})$   
 $= 6.668837$  Watt

Tabel 4. Hasil perhitungan daya turbin

No	Jarak Lingkaran Pelindung dari Sudu (mm)	Kecepatan Intel (m/s)	Torsi (N.m)	daya (watt)
1	10 mm	0.5	5.0972	6.66
			20.038	
		1	2	52.43
2	30 mm	1.5	46.524	182.60
		0.5	5.082	6.648
		1	19.82	51.86
3	50 mm	1.5	44.466	174.52
		0.5	4.862	6.3611
		1	19	49.7166
4	70 mm	1.5	42.4	166.42
		0.5	4.734	6.193
		1	18.486	48.37
5	90 mm	1.5	42.108	165.2
		0.5	4.64	6.070
		1	18.046	47.22
6	110 mm	1.5	40.046	157.18
		0.5	4.068	5.3223
		1	17.134	44.83
7	130 mm	1.5	36.194	142.06
		0.5	3.134	4.100
		1	16.106	42.144
		1.5	35.28	138.474

Berdasarkan pada tabel 4. daya yang diterima sudu tertinggi dimiliki oleh turbin didesain dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 182 Watt

#### 4 Perhitungan Efisiensi Turbin

Efisiensi turbin didapat dari besarnya daya yang keluar (Pt) berbanding dengan daya yang masuk (Ph) dirumuskan pada persamaan berikut :

$$P_H = (1/2)(\rho)(A)(v^2)$$

Dimana :

$\rho$  = Densitas Air (999 kg/m<sup>3</sup>)

A = Luas daerah yang tersapu turbin

$$(A = 0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m})$$

v = kecepatan aliran sungai (m/s)

R = jari-jari (m)

Contoh perhitungan daya masuk ( $P_H$ ) pada kecepatan aliran 0.5 m/s

Diketahui : R = 0.2 m

i

$$\rho = 999 \text{ kg/m}^3$$

$$A = (0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m})$$

$$v = 0.5 \text{ m/s}$$

Persamaan :  $P_H = (1/2) \cdot (\rho) \cdot (A) \cdot (v^2)$

n

Jawab : = (1/2) \cdot (1.308 rad/s).

$$(0.8 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}) \cdot (0.5)^2$$

$$= 39.96 \text{ Watt}$$

Tabel 5. Perhitungan daya masuk (Ph)

No	Kecepatan Intel (m/s)	Luas (m <sup>2</sup> )	Daya masuk (watt)
1	0.5	0.32	39.96
2	1	0.32	159.84
3	1.5	0.32	359.64

Efisiensi turbin dapat di hitung dengan persamaan berikut :

$$\eta = (P_t / P_h) \cdot 100\%$$

Dimana :

$P_t$  = Daya turbin (watt)

$P_h$  = Daya air (watt)

Contoh perhitungan efisiensi turbin pada kecepatan aliran 0.5 m/s

Diketahui :  $P_T = 6.668837$  Watt

$$P_H = 39.96 \text{ Watt}$$

Persamaan :  $\eta = (P_t / P_h).100\%$

Jawab :  $= (6.668837 \text{ Watt}) /$   
 $39.96 \text{ Watt} (100)$   
 $= 16.68878 \text{ persen}$

Tabel 6. Nilai Efisiensi Turbin pada setiap variasi

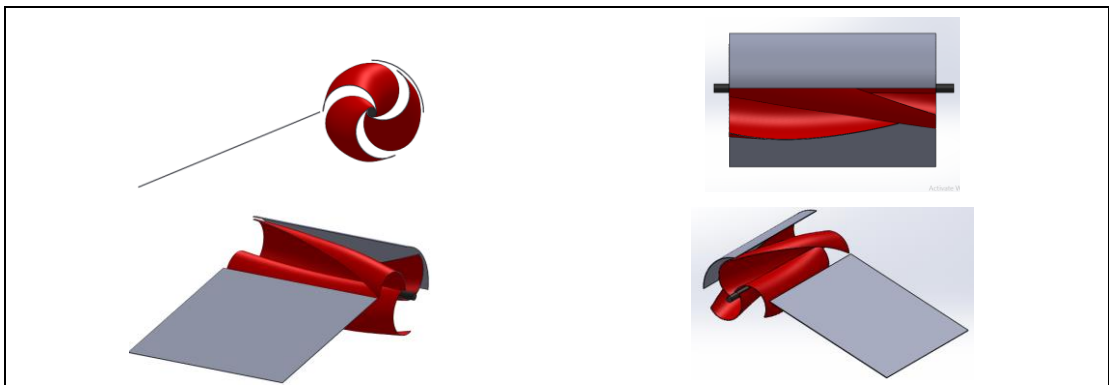
No	Jarak Lingkaran Pelindung dari Sudu (mm)	Kecepatan Intel (m/s)	Daya (Wat)	Daya Masuk (Watt)	Efisiensi %
1	10 mm	0.5	6.6	39.9	16.6
		1	52.4	159.0	32.8
		1.5	182.0	359.60	50.7
2	30 mm	0.5	6.64	39.96	16.6
		1	51.8	159.8	32.4
		1.5	174.5	359.6	48.5
3	50 mm	0.5	6.36	39.9	15.9
		1	49.77	159.8	31.1
		1.5	166.42	359.6	46.2
4	70 mm	0.5	6.19	39.9	15.5
		1	48.32	159.8	30.2
		1.5	165.27	359.6	45.9
5	90 mm	0.5	6.07	39.9	15.1
		1	47.2	159.8	29.5
		1.5	157.18	359.640	43.705
6	110 mm	0.5	5.322	39.960	13.319
		1	44.834	159.840	28.049
		1.5	142.06	359.640	39.501
7	130 mm	0.5	4.100	39.960	10.261
		1	42.144	159.840	26.366
		1.5	138.47	359.640	38.504

## 5. Geometri Turbin yang Optimal

Dari penyajian tabel 1 sampai tabel 6 menunjukkan kinerja turbin sebagaiberikut :

1. Nilai gaya terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 232.62 N
2. Nilai torsi terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 46.524 N.m
3. Nilai daya terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 182 Watt
4. Nilai efesiensi terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu sebesar 50%

Sehingga menurut hasil analisa pada subbab sebelumnya, turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin merupakan geometri turbin yang paling optimal untuk digunakan pada pembangkit listrik arus air di sungai pintap kabupaten balangan kalimantan selatan.



Gambar 10 Turbn dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan terhadap menambahkan lingkaran pelindung di belakang sudu untuk meningkatkan gaya drak pada *advancing blade* pada turbin air rotor savonius dapat disimpulkan bahwa :

1. Turbin dengan penambahan lingkaran pelindung di belakang sudu dapat meningkatkan gaya drak pada *advancing blade*. Nilai gaya terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin sebesar 232.62 N, Nilai torsi terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan

lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin sebesar 46.524 N.m, Nilai daya terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin sebesar 182 Watt dan Nilai efisiensi terbesar dimiliki oleh turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin sebesar 50%

2. Turbin dengan penambahan lingkaran pelindung berjarak 10 mm dari sudu turbin merupakan geometri turbin yang paling optimal untuk digunakan pada pembangkit listrik arus air khususnya di sungai pintap kabupaten balangan kalimantan selatan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Kalimantan (Uniska) melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) yang telah membiayai Tahun Anggaran 2019.

### DAFTAR PUSTAKA

- Bhatt, H. and Jani, S. (2014) 'Energy Generation in Water Pipe Lines Savonius Water Turbine Power', *International Journal of Research in Advent Technology*, 2(12), pp. 2321–9637.
- Bhaumik, T. (2010) 'Performance measurement of a two bladed helical Savonius rotor', *Proc. 37th International & 4th National Conference on ...*, 4(1).
- Golecha, K., Eldho, T. I. and Prabhu, S. V. (2011) 'Influence of the deflector plate on the performance of modified Savonius water turbine', *Applied Energy*, 88(9), pp. 3207–3217. doi: 10.1016/j.apenergy.2011.03.025.
- Iio, S. *et al.* (2011) 'Influence of setting condition on characteristics of Savonius hydraulic turbine with a shield plate', *Journal of Thermal Science*, 20(3), pp. 224–228. doi: 10.1007/s11630-011-0462-9.
- Irsyad, M. (2010) 'Kinerja turbin air tipe darrieus dengan sudu hydrofoil standar naca 6512', *Ilmiah Teknik Mesin*, 1(2), pp. 91–97.
- Kailash, G., Eldho, T. I. and Prabhu, S. V. (2012) 'Performance study of modified



- savonius water turbine with two deflector plates', *International Journal of Rotating Machinery*, 2012. doi: 10.1155/2012/679247.
- Kamoji, M. A., Kedare, S. B. and Prabhu, S. V. (2009) 'Experimental investigations on single stage modified Savonius rotor', *Applied Energy*, 86(7-8), pp. 1064–1073. doi: 10.1016/j.apenergy.2008.09.019.
- Mabrouki, I., Driss, Z. and Abid, M. S. (2014a) 'Experimental Investigation of the Height Effect of Water Savonius Rotors', *International Journal of Mechanics and Applications*, 4(1), pp. 8–12. doi: 10.5923/j.mechanics.20140401.02.
- Mabrouki, I., Driss, Z. and Abid, M. S. (2014b) 'Performance Analysis of a Water Savonius Rotor: Effect of the Internal Overlap', *Sustainable Energy*, 2(4), pp. 121–125. doi: 10.12691/rse-2-4-1.
- Mohamed, M. H. A. (2011) 'Design optimization of Savonius and Wells turbines', pp. 1–198. Available at: [http://edoc.bibliothek.uni-halle.de/receive/HALCoRe\\_document\\_00010715?lang=de](http://edoc.bibliothek.uni-halle.de/receive/HALCoRe_document_00010715?lang=de).
- Muliawan, A. and Yani, A. (2016) 'Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat', *Journal Of Sainstek*, 8(1), Pp. 1–9.
- Mulkan, I., Hantoro, R. and Nugroho, G. (2012) 'Analisa Performansi Turbin Arus Sungai Vertikal Aksis Terhadap Penambahan Variasi Panjang', *Jurnal Teknik Pomits*, 1(1), Pp. 1–5.
- Pietersz, Richard , Rudy Soenoko, S. W. (2013) 'Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2), pp. 93–100.
- Purnama, A. C., Hantoro, R. and Nugroho, G. (2013) 'Rancang Bangun Turbin Air Sungai Poros Vertikal Tipe Savonius dengan Menggunakan Pemandu Arah Aliran', *Jurnal Teknik ITS*, 2(2), pp. B278–B282.
- Sahim, K., Santoso, D. and Radentan, A. (2013) 'Performance of combined water turbine with semielliptic section of the savonius rotor', *International Journal of Rotating Machinery*, 2013. doi: 10.1155/2013/985943.

- [Saha](#), U.K & [Rajkumar](#). 2006 “On the performance analysis of Savonius rotor with twisted blades” *Jurnal Renewable Energy* 31(11), pp.1776-1788  
[doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.030](https://doi.org/10.1016/j.renene.2005.08.030)
- Thakker, H. B. (2016) ‘International Journal of Modern Trends in Engineering and Research’, *International Journal of Modern Trends in Engineering and Research*, (2349), pp. 645–652.
- Verma, A. K. and Saini, R. P. (2015) ‘Efficiency Measurement Techniques Of Hydro Kinetic Turbines : A Review’, *Ichpsd*, Pp. 268–285.
- Wahyudi, B. *et al.* (2013) ‘A Simulation Study of Flow and Pressure Distribution Patterns in and around of Tandem Blade Rotor of Savonius (TBS) Hydrokinetic Turbine Model’, *Journal of Clean Energy Technologies*, 1(4), pp. 286–291. doi: 10.7763/JOCET.2013.V1.65.
- Yaakob, O., Arif Ismail, M. and Ahmed, Y. M. (no date) ‘Parametric Study for Savonius Vertical Axis Marine Current Turbine using CFD Simulation’, pp. 200–205.