

## UJI EXPERIMENTAL RATIO OVERLAP SUDU SPLIT SAVONIUS TERHADAP UNJUK KERJA TURBIN *WATER VORTEX*

Soraya S.Labatjo, Kennedy M, Basri

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako  
Jl. Soekarno Hatta Km.9 Tlp. (0451) 422611- 422355  
Email: soraya.labatjo@gmail.com

---

**Abstract:** Utilization of low-lying areas is an option in developing hydroelectric power plants with low head. This study uses a split savonius rotor with 2 blades, Aspect ratio 1.2, Tip Clearance 5 mm, total head 0.649438 m, water level in the inlet 25 cm, the test was carried out on a whirlpool turbine with a spiral basin, aiming to determine the resulting performance. savonius split rotor on a vortex turbine by varying the Overlap Ratio. There are 4 rotors that have different overlap ratios which are tested at a flow rate of 0.0021 m<sup>3</sup>/s with loading treatment until the turbine stops. The results showed that the 0.15 Overlap Ratio resulted in the best performance with torque, power, and efficiency values of 0.14620 N.m, 1.7853 watts, and 13.392%, respectively. While the one that produces the lowest value is 0.45 Overlap with each value of 0.08240 N.m, 0.8411 watts, 6.310%.

**Keywords :** Vortex Turbine, Hydrokinetic Turbine, Savonius Split Rotor, Overlap Ratio

---

### 1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi pada era digital, penggunaan energi listrik sangat meningkat pesat seiring berjalannya waktu serta kebutuhan manusia dalam mengkonsumsi energi. Di Indonesia konsumsi energi masih bergantung pada bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan gas bumi yang tidak dapat diperbaharui, mengingat semakin menipisnya cadangan untuk energi fosil, sehingga sangat diperlukan pengembangan terhadap energi baru terbarukan. Pengembangan energi listrik menjadi solusi energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya penggunaan turbin untuk memanfaatkan energi alam khususnya air.

Indonesia merupakan daerah yang memiliki curah hujan tinggi sehingga pemanfaatan energi air sangat dapat dikembangkan, terkhusus pada daerah-daerah yang belum terjangkau jaringan listrik namun memiliki sumber daya air yang melimpah. Salah satu pilihan untuk memanfaatkan sumber energi terbarukan yaitu dengan mengembangkan turbin vortex yang sangat cocok dioperasikan untuk daerah dengan head rendah seperti aliran sungai atau saluran irigasi yang memiliki tinggi jatuh air minimal 0,7 m. [19]

Penelitian yang dilakukan dengan membandingkan efisiensi antara turbin *vortex* dengan turbin *Small Under Shot Water* menggunakan debit dan ketinggian air yang sama,

diperoleh efisiensi tertinggi pada turbin vortex sebesar 35,92% sedangkan pada turbin *Small Under Shot Water Whell* sebesar 13,96%. [16]

Diameter lubang outlet pada basin turbin menjadi salah satu aspek yang sangat berpengaruh pada performa atau perancangan kekuatan turbin vortex, semakin besar lubang outlet maka pusaran yang dihasilkan akan semakin besar pula. Dalam penelitian bentuk pada ruang pusaran dan kekuatan vortex basin silinder, kinerja turbin optimal pada diameter lubang outlet pada ratio 14%-18% dari diameter basin. Penelitian yang memvariasikan 4 diameter lubang ukuran 3,6,9 dan 12 cm pada tiga buah basin silinder menyatakan bahwa kekuatan vortex terus meningkat seiring pertambahan diameter lubang outlet, namun yang dapat menghasilkan pusaran air lebih lama dan terbentuk sempurna terdapat pada diameter lubang outlet 3 cm. [6, 11]

Pengembangan *turbin vortex* banyak dilakukan untuk mencari performa terbaik yang bisa dicapai salah satunya dengan pemilihan model rotor yang digunakan, penelitian yang membandingkan performa *Savonius Hydrokinetic Turbine* dan performa *Savonius Wind Turbine* pada sumbu vertical dengan power input yang sama dengan pengujian pada kecepatan 0,3 m/s sampai 0,9 m/s pada sebuah saluran air terbuka. Dengan presentase 61,32% menunjukkan bahwa power extracted dari turbin savonius hydrokinetic

meningkat pada power input yang sama dengan turbin *savonius wind turbine*. [15]

Penelitian yang membandingkan 4 jenis rotor savonius dengan posisi vertikal pada sebuah saluran air terbuka rotor yang digunakan yaitu rotor single-gate, two-gate 0° phase shift, two-gate 90° phase shift, three-gate 60° phase shift, masing-masing rotor turbin berjumlah 2 bucket, didapatkan maximum coefficient power tertinggi pada single-gate, dengan nilai Cp sebesar 50% [4].

Penelitian yang menggunakan metode experiment dan pemodelan numerik dengan 3 variasi blade pada sebuah aliran terbuka yang memiliki spesifikasi yang sama yaitu aspect ratio 1,0, split overlap ratio 0,15, diameter 144 mm, masing-masing blade yang digunakan yaitu 2 blade setengah lingkaran, 3 blade setengah lingkaran, dan 2 blade berbentuk elips. Percobaan dilakukan pada kecepatan air yang sama dengan posisi vertical sehingga didapatkan hasil coefficient power tertinggi pada 2 blade setengah lingkaran dengan nilai 0,28 pada TSR 0,89. [17]

Pengembangan turbin *vortex split savonius hydrokinetic* masih terus dilakukan sampai saat ini guna mencapai efisiensi yang baik, salah satunya dengan cara memvariasikan ratio overlap rotor. Ratio overlap rotor adalah jarak overlap bucket dengan diameter turbin savonius yang memungkinkan fluida yang memasuki sisi cekung bucket mengalir ke sisi cekung bucket yang lainnya. [9]

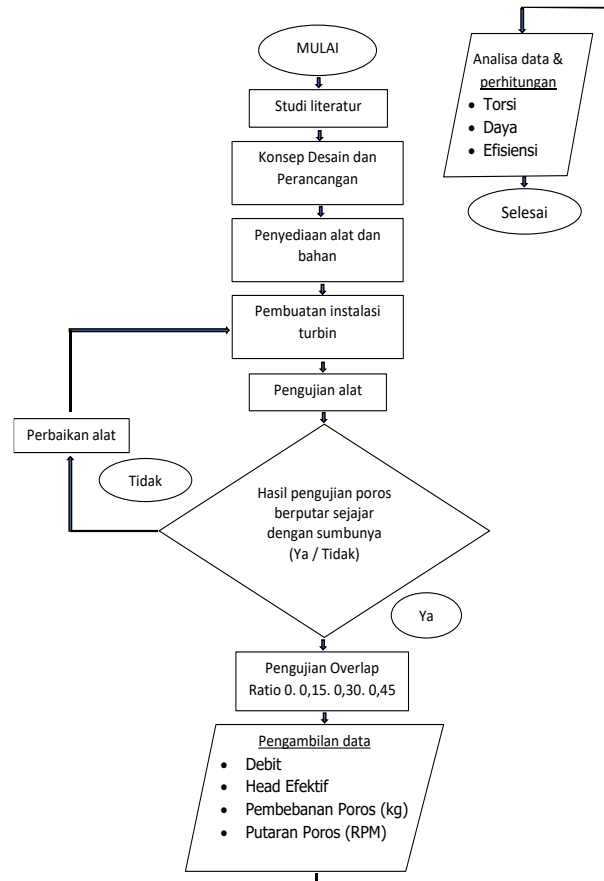
Beberapa penelitian yang menggunakan metode experimental dengan memvariasikan berbagai ratio overlap mendapatkan hasil terbaik pada kisaran 0,12-0,3, menunjukkan bahwa ratio overlap yang terlalu kecil maupun terlalu besar dapat menurunkan kinerja dari turbin. [5, 7, 10, 13 – 14, 18]

Penelitian dengan metode simulasi numeric pada turbin angin mendapatkan hasil bahwa konfigurasi overlap terbaik adalah pada overlap 0,15. [1 – 2]

Berdasarkan pemaparan tersebut, penulis kembali melakukan penelitian yang berfokus terhadap ratio overlap sudu split savonius pada turbin vortex, dimana turbin savonius akan di uji pada debit dan head yang rendah dengan memvariasikan ratio overlap.

## 2. METODE

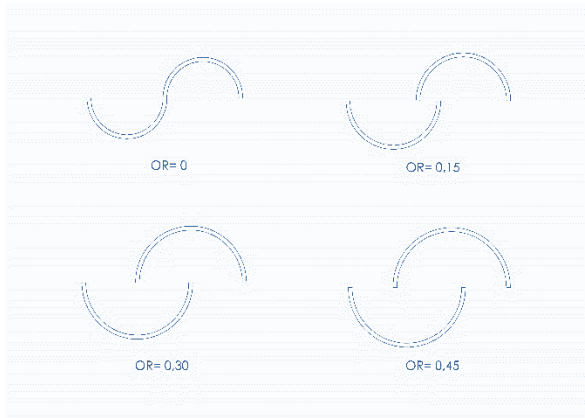
Dalam penelitian ini menggunakan metode experimental yang terlebih dahulu diawali dengan pembuatan geometri *part* setelah itu penggabungan seluruh part tersebut menjadi satu-kesatuan sehingga dapat dilakukan proses pengambilan data experiment.



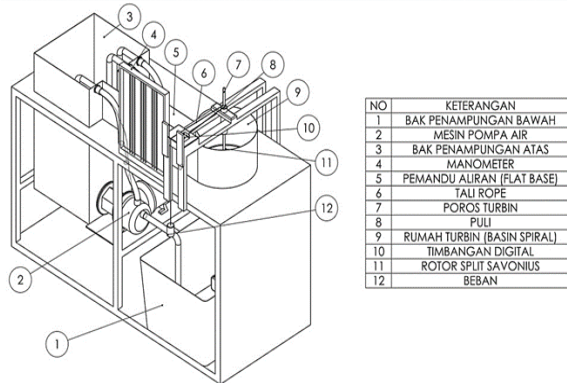
Gambar 1. Diagram alir

Rotor split savonius di desain dengan solidwork seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, kemudian pembentukan rotor menggunakan bahan pipa PVC ukuran 1¼, 1½, dan 2 inch. Pipa tersebut dibagi menjadi 2 bagian sehingga membentuk sudu, kemudian sudu dipasang pada penyangga rotor sesuai dengan overlap yang di tentukan. Bahan ABS yg dicetak menggunakan mesin 3D printing digunakan untuk membuat penyangga pada masing-masing overlap. Jumlah variasi yang di uji pada penelitian ini ada 4 yaitu overlap 0, 0,15, 0,30, dan 0,45. Setelah selesai pembuatan rotor, maka dilakukan pengujian pada sebuah alat seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Fluida air pada bak bawah dipompa ke bak atas untuk dialirkan melalui saluran inlet basin, kemudian air akan memutar turbin yang terpasang pada poros. Pengambilan data RPM menggunakan alat ukur tachometer (gambar 4) di dapat dari putaran poros, sedangkan pembebanan yang diberikan pada masing-masing pengujian overlap ratio di dapatkan dari timbangan digital (gambar 5) yang terhubung dengan tali yang dililitkan pada pully yang dipasang pada poros guna mengetahui nilai daya dan efisiensi turbin savonius menggunakan ratio overlap.

Pembebanan yang diberikan berkisar dari 200-1800 gr sampai turbin berhenti



Gambar 2. Variasi Ratio Overlap



Gambar 3. Skema Rumah Turbin Vortex



Gambar 4. Tachometer



Gambar 5. Timbangan Digital

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 HASIL

Data yang digunakan pada pengujian ini merupakan data yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan alat ukur yang sesuai dengan pengujian yang dilakukan. Berikut ini adalah data pengujian debit (debit yang digunakan konstan pada setiap pengujian) (Table 1), data pengujian tekanan dan kecepatan yang di amati sebelum melakukan pengujian (Tabel 2), dan data experiment yang didapatkan dari pengujian (Data pengujian ratio overlap 0,45) (Tabel 3).

Tabel 1. Hasil pengujian debit

No.	V (Km/H)	
1	0,2	0,4
2	0,3	0,3
3	0,4	0,2
4	0,3	0,3
5	0,2	0,3
6	0,3	0,4
7	0,3	0,3
8	0,3	0,3
9	0,3	0,2
10	0,4	0,3
<b>Rata<sup>2</sup> (Km/H)</b>	<b>0,3</b>	
V(m/s)	0,083333333	
Q (m <sup>3</sup> /s)	0,002083333	

**Tabel 2.** Hasil pengujian tekanan dan kecepatan

No	Flowmeter Km/H			Flowmeter Mph		
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 1	Titik 2	Titik 3
1	0,3	0,4	0,6	0,2	0,2	0,3
2	0,2	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4
3	0,3	0,4	0,6	0,2	0,2	0,5
4	0,4	0,4	0,5	0,2	0,2	0,5
5	0,4	0,4	0,6	0,2	0,3	0,3
6	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4
7	0,3	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4
8	0,4	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4
9	0,3	0,5	0,6	0,2	0,3	0,5
10	0,3	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4
Rata-rata	0,31	0,43	0,58	0,2	0,26	0,41
v (m/s)	0,086111	0,119444	0,161111	0,089408	0,11623	0,183286
P (Pa)	101328,7	101332,1	101337,9	101329	101331,7	101341,7

**Tabel 3.** Hasil pengambilan data RPM dan beban poros (ratio overlap 0,45)

Overlap Ratio 0,45										
Beban (Kg)	Nilai RPM								RPM Rata-rata	M (Kg)
	0.2	187.9	186.7	188.3	187	187.3	186.5	187		
0.4	187.5	187.8	186.1	186.2	187.9	187.4	188.2	188.7	166.0	0.485
	188.3	187.1	187.3	186.3	188	187.9	187.1	186.5		
	187.4	188.6	187.8	186.3	187	187.9	187.8	186.3		
	188	187.8	187.5	188.9	187.1	187.8	187.6	186.5		
0.6	165.3	165.7	165.8	166.9	165.3	167	166.9	167.2	149.5	0.685
	165	165.1	166	166.9	167.2	167.3	166.8	165.4		
	166.1	165	165.4	166.5	167.1	165.7	165.5	166.3		
	165.1	166.9	165.3	167.3	165.4	166	165	165.9		
0.8	148.4	149.3	149.4	150.3	150.4	149.1	148	149.9	115.4	0.875
	149.5	150.2	149.2	148	148.3	149.9	150.2	150.6		
	149.9	150.1	149.5	148.7	148.3	149	150.2	150.5		
	150	149	149.7	148.4	150.1	148.1	148.9	149.2		
1	115.2	115.8	114	115.3	114	116.4	115	114.5	73.1	1.05
	116.6	115.6	115.9	114	116.6	114.8	115.5	114.5		
	114.8	115.6	115.9	114.5	116.4	115.9	116	116.1		
	116.5	115.8	116.5	115.6	114.7	114.9	114	115.3		
1	72.1	72	72.4	73.9	74.9	73.9	72.4	73	73.1	1.05
	74.9	72.8	71	71.3	72.5	74.3	71.4	72.5		
	73.9	72.8	74.7	73.5	73.9	72	73.1	71.9		
	73.9	73.8	72.4	73.9	74.6	74.1	73.8	73.2		
1	72	72.8	72.6	73.9	71.4	73.8	72.9	73.4	73.1	1.05

**Tabel 4.** Hasil Perhitungan

Overlap Ratio	Beban	RPM	M (Kg)	Torsi	Daya	Efisiensi
overlap 0	0.2	240.9	0.225	0.017658	0.445232344	3.340%
	0.4	214.5	0.51	0.0400248	0.898596785	6.741%
	0.6	192.0	0.745	0.0584676	1.17496489	8.814%
	0.8	179.8	0.895	0.0702396	1.321843715	9.916%
	1	157.9	1.045	0.0820116	1.355394778	10.167%
	1.2	112.6	1.24	0.0973152	1.146905046	8.603%
	1.3	0	0	0	0	0.000%
overlap 0.15	0.2	277	0.262	0.02056176	0.596140254	4.472%
	0.4	235.5	0.573	0.04496904	1.108441867	8.315%
	0.6	213	0.838	0.06576624	1.466192555	10.998%
	0.8	195.2	1.015	0.0796572	1.627470943	12.208%
	1	179.7	1.185	0.0929988	1.74917723	13.121%
	1.2	169.8	1.28	0.1004544	1.785315779	13.392%
	1.4	141.6	1.45	0.113796	1.686547757	12.651%
	1.6	100.6	1.687	0.13239576	1.394056742	10.457%
	1.8	62.2	1.863	0.14620824	0.951854631	7.140%
1.9	0	0	0	0	0.000%	
overlap 0.30	0.2	235.9	0.205	0.0160884	0.397236539	2.980%
	0.4	211.3	0.410	0.0321768	0.711624254	5.338%
	0.6	173.2	0.685	0.0537588	0.974553862	7.310%
	0.8	148.5	0.890	0.0698472	1.08563503	8.144%
	1	120.3	1.050	0.082404	1.037581726	7.783%
	1.2	85.5	1.245	0.0977076	0.874385312	6.559%
	1.4	56.0	1.410	0.1106568	0.64859639	4.865%
1.5	0	0	0	0	0.000%	
overlap 0.45	0.2	187.4	0.210	0.0164808	0.323263201	2.425%
	0.4	166.0	0.485	0.0380628	0.661328462	4.961%
	0.6	149.5	0.685	0.0537588	0.841199783	6.310%
	0.8	115.4	0.875	0.06867	0.829432884	6.222%
	1	73.1	1.050	0.082404	0.630483991	4.729%
	1.1	0	0	0	0	0.000%

**3.2 PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan guna bertujuan untuk mengetahui kinerja terbaik pada rotor split savonius turbin pusran air (*vortex*) sehingga dibutuhkan beberapa parameter yaitu nilai putaran poros, torsi, daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh rotor dengan memvariasikan overlap ratio serta variasi pembebanan pada setiap pengujian.

**3.2.1 Putaran Poros (RPM)**

Akibat variasi pembebanan yang diberikan pada pengujian ratio overlap, menghasilkan nilai putaran poros yang berbeda-beda seperti yang terlihat pada gambar 6. Nilai putaran poros terus mengalami penurunan seiring bertambahnya beban pada poros, kecepatan rotasi pada rotor akan berkurang. Hal ini juga dipengaruhi oleh overlap ratio rotor, adanya overlap menyebabkan tekanan pada sudu akan berkurang karena lairan fluida dipindahkan ke sudu yang berlawanan. Dari data yang diperoleh, overlap yang menunjukkan kinerja terbaik terhadap putaran poros terdapat pada overlap 0,15 disusul overlap 0, 0,30, dan 0,45.

**3.2.2 Torsi**

Torsi merupakan momen gaya atau gaya putar yang dihasilkan oleh poros. Pada pengujian ini dipengaruhi oleh perbedaan gaya kerja akibat variasi overlap dan juga variasi pembebanan yang

diberikan, seperti yang terlihat pada gambar 7, dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = F \times r \tag{1}$$

(sumber : Giancoli, Douglas C., 2005)

Nilai torsi meningkat seiring dengan pertambahan beban pada setiap pengujian variasi ratio overla. Didapatkan bahwa nilai torsi terbaik terdapat pada ratio overlap 0,15 dengan perolehan nilai 0,146 N.m yang disusul dengan ratio overlap 0, 0,30 dan 0,45

**3.2.3 Daya**

Perhitungan daya yang dapat ditransmisikan oleh poros dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = \frac{2\pi.n.\tau}{60} \tag{2}$$

(sumber : Khurmi, R.S., Gupta, J.K., 2005)

Sehingga dapat dijelaskan bahwa daya merupakan kemampuan kerja dari poros persatuan waktu. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 8 dimana grafik perbandingan daya dengan variasi pembebanan pada setiap pengujian ratio overlap menunjukkan nilai daya tertinggi pada ratio overlap 0,15 dengan nilai 1,785 watt pada beban 1,2 kg, dimana nilai putaran poros pada overlap 0,15 meningkat yang juga meningkatkan nilai torsi sehingga daya yang dihasilkan juga lebih tinggi.

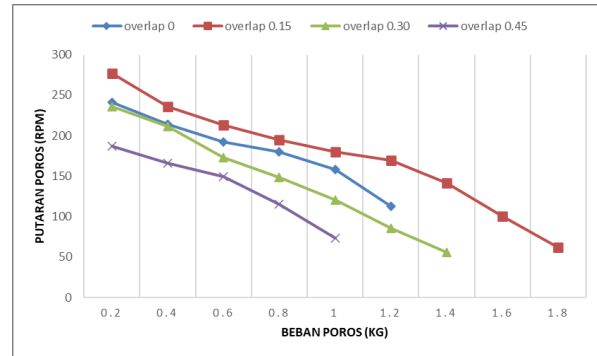
**3.2.4 Efisiensi**

Berdasarkan gambar 9, nilai efisiensi cenderung mengalami penurunan pada setiap pengujian variasi ratio overlap untuk setiap pembebanan yang diberikan, pada dasarnya nilai efisiensi berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan rotor, namun salah satu faktor utama yang mempengaruhi efisiensi adalah debit seperti pada persamaan yang digunakan berikut :

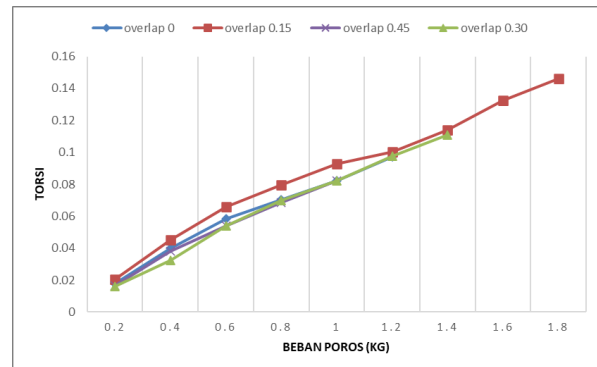
$$\eta = \frac{P}{\rho.g.Q.H} \tag{3}$$

(sumber : Nishi, Y., & Inagaki, T, 2017)

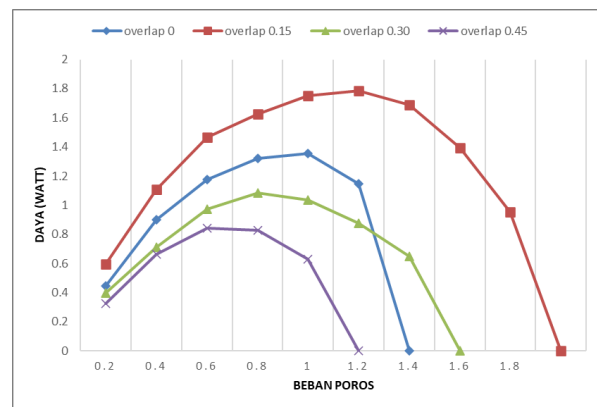
Dimana nilai efisiensi tertinggi didapatkan pada ratio overlap 0,15 sebesar 13,392%



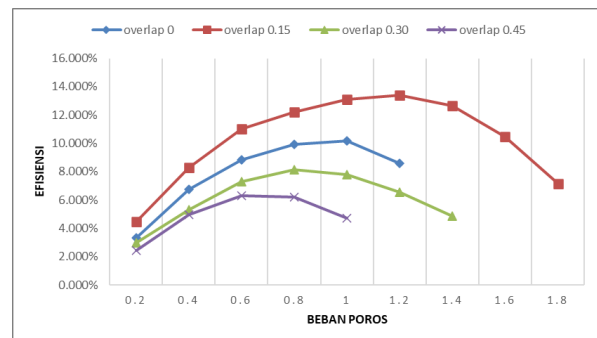
**Gambar 6.** Grafik hubungan putaran poros terhadap pembebanan pada setiap variasi ratio overlap



**Gambar 7.** Grafik hubungan torsi terhadap pembebanan pada setiap variasi ratio overlap



**Gambar 8.** Grafik hubungan daya terhadap pembebanan pada setiap variasi ratio overlap



**Gambar 9.** Grafik hubungan efisiensi terhadap pembebanan pada setiap variasi ratio overlap

#### 4. KESIMPULAN

Adanya ratio overlap akan memberikan hasil yang lebih baik terhadap unjuk kerja turbin air savonius, namun jika ratio overlap terlalu besar maupun terlalu kecil juga dapat membuat kinerja turbin berkurang sehingga dapat memberikan hasil yang lebih rendah. Dari pengujian yang telah dilakukan untuk variasi ratio overlap, dengan menggunakan debit air 0,0021 m<sup>3</sup>/s, aspect ratio 1,2, variasi pembebanan berkisar 200-1800 gr, diameter turbin 83,25 dengan jumlah sudu 2 sudu, mendapatkan nilai torsi 0,14620 N.m, nilai daya yang dihasilkan sebesar 1,7853 watt, dan efisiensi yang diperoleh sebesar 13,392%

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akwa, J.V., junior da, G.A.S., Petry, A.P., 2012, 'Discussion on the Verification of the Overlap Ratio Influence on Performance Coefficients of a Savonius Wind Rotor Using Computational Fluid Dynamics', Department Of Mechanical Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Rua Sarmento, 425, Porto Alegre, RS 90050-170, Brazil.
- [2] Alom, N, et al, 2017, 'Arrifing at the Optimum Overlap Ratio for an Elliptical-bladed Savonius Rotor'. Indian Institute of Technology Guwahati, Guwahati – 781039, Assam, India.
- [3] Ary Musthofa., et al, 2016, 'Pengaruh Variasi Overlap Sudu Terhadap Torsi dan Daya pada Kincir Angin Savonius Tipe U'. Jurusan Keteknikan Pertanian – Fakultas Teknologi Pertanian – Universitas Brawijaya. Malang 65145.
- [4] Golecha, K., Eldho, T.I., & Prabhu, S.V., 2011, 'Influence Of The Deflector Plate On The Performance Of Modifield Savonius Water Turbine'. Applied Energy, 88(9), 3207-3217.
- [5] Hadi, S., et al, 2019, 'Performance of Savonius Horizontal Axix Water Turbine in Free Flow Vertical Pipe As Effect of Blade Overlap', Journal of Advance In Fluid Mechanics and Thermal Sciences 58, Issue 2 (2019) 219-223, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [6] Herbhakti, F.A., 2020, 'Design and Experimental of Laboratory Vortex Gravity Turbine Model', Magister Program, The Expertise of Renewable Energy Engineering, Department of Engineering Physics, Faculty of Industrial Technology and System Engineering, Sepuluh Nopember Institute Of Technology, Surabaya.
- [7] J. Kumbernus, et al, 2012, 'Investigation into the relationship of the overlap ratio and shift angle of double stage three bladed vertical axix wind turbine (VWAT)', Department of Building Service Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong.
- [8] Khurmi, R.S., Gupta, J.K., 2005, A Text Book of Machine Design SI Unit, First Multicolour Edition. Eurasia Publishing House (PVT). LTD., Ram Nagar, New Delhi-110 005.
- [9] Kumar. A., & Saini, R.P., 2016. 'Performance Parameter of Savonius Type Hydrokinetic Turbine – a Review', Renewable and sustainable Energy Reviews, 64 (2016) 289-310.
- [10] Morshed, K.N., 2010, 'Experimental and Numerical Investigation on Aerodynamic Characteristics of Savonius Wind Turbine with Various Overlap Ratios', Georgia Southern University.
- [11] Muligan, S., & Hull, P., 2010, 'Design and Optimisation of a Water Vortex Hydropower Plant', Undergraduates thesis, Institute of Technology Sligo, Ireland.
- [12] Nishi, Y., & Inagaki, T., 2017, 'Performance and Flow Field of a Gravitation Vortex Type Water Turbine', Hindawi International Journal of Rotating Machinery, vol. 2017, doi: 10.1155/2017/2610508.
- [13] Patel, C.R, et al, 2013, 'Investigation of Overlap Ratio for Savonius Type Vertical Axis Hydro Turbine'.
- [14] Prasetyo, A., Danardono, D., Hadi, S., 2018, 'Studi Eperimental Pengaruh Overlap Sudu Terhadap Kinerja turbin Air Savonius', Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta, 57126.
- [15] Sarma, N.K., et al, 2014, 'Experimental and Computational Evalution of Savonius Hydrokinetik Turbine for Low Velocity Condition with Comparition to Savonius Wind Turbine at the Same Input Power', Deptt. Of Mechanical Eng, NIT Silchar, Silchar, Assam 788 010, India. Energy Conversion and Management 83 (2014) 88-98.
- [16] Sitram, P., & Suntivarakorn, R., 2017, 'Comparative Study of Small Hydropower

Turbine Efficiency at Low Head water',  
Energy Procedia 138/2017/646-650.

- [17] Talukdar, P.K., Arif, S, Vinayak, K & Ujjwal, K.S., 2018, 'Parametric Analysis of Model Savonius Hydrokinetic Turbines Through Experimental and Computational Investigation', Energy Conversion and Management, 158 (2018) 36-49.
- [18] Tania, R.M et al, 2018, 'Experimental Investigation on the Influence of Overlap ratio on Savonius Turbines Performance', Department of Building Services, Building Service faculty, Technical University of Cluj-Napoca, 400604, Romania
- [19] Zotlöterer F (2004) Hydroelectric power plant.WO2004061295A2,  
<https://patents.google.com/patent/WO2004061295A2/en>