



## ANALISIS KINERJA KINCIR AIR SAVONIUS POROS VERTIKAL DENGAN EMPAT SUDU BERSUSUN PADA BEBERAPA VARIASI DEBIT

Gerard Antonini Duma<sup>1</sup>, Luther Sule<sup>2</sup>, Masbin Dahlan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Universitas Hasanuddin, Jl Poros Malino km 6,  
Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

<sup>2</sup> Agro-Industrial Manufacture Engineering Department, ATI Makassar Polytechnic,  
Jl. Sunu No.220, Suangga, Kec. Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90211

\*gerardduma@unhas.ac.id

Diterima: 07 07 2023

Direvisi: 26 07 2023

Disetujui: 27 07 2023

### ABSTRAK

Kincir jenis ini banyak digunakan pada aliran sungai dengan kecepatan rendah, tinggi potensial rendah, dan kincir jenis ini mampu memperoleh koefisien daya yang cukup tinggi pada kondisi tersebut. Bagian sudu cekung yang menghadap ke arah air akan menangkap air dan memaksa sudu berputar pada porosnya dan bagian sudu cembung yang terdorong oleh aliran fluida juga menyebabkan sudu ikut berputar meskipun ada beban yang ditimbulkan oleh bagian cembung saat terdorong oleh aliran fluida. Performa terbaik diperoleh dari kincir air savonius empat sudu bertingkat, yaitu pada debit 1 dengan daya kincir 1,109 watt dan efisiensi kincir 14,45 % pada pembebanan 1,5 kg. Kemudian pada debit 2 dengan daya kincir 1,663 watt dan efisiensi kincir 10,49% pada pembebanan 1,5 kg. Kemudian pada debit 3 dengan daya kincir 2,149 watt memiliki efisiensi kincir terkecil yaitu 7,68% pada pembebanan 1,5 kg.

**Kata kunci:** kincir air savonius, bilah bertingkat, efisiensi, daya kincir, variasi debit

### ABSTRACT

This type of wheel is widely used in river flow with low speed, low potential height, and this type of wheel is able to obtain a fairly high power coefficient under these conditions. The part of the concave blade facing the direction of the water will catch the water and force the blade to rotate on its axis and the part of the convex blade which is pushed by the fluid flow also causes the blade to rotate even though there is a load caused by the convex part when it is pushed by the fluid flow. The best performance was obtained from the four multilevel blades savonius water wheel, namely at discharge 1 with a wheel power of 1.109 watts and a wheel efficiency of 14.45% at a loading of 1.5 kg. Then at discharge 2 with a mill power of 1.663 watts and a mill efficiency of 10.49% at a load of 1.5 kg. Then at discharge 3 with a pinwheel power of 2.149 watts it has the smallest pinwheel efficiency of 7.68% at a loading of 1.5 kg.

**Keywords:** savonius water wheel, multilevel blades, efficiency, pinwheel power, discharge variations

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber daya alam yang besar. Namun, kebutuhan energi listrik di Indonesia saat ini semakin meningkat dan masih didominasi oleh energi yang berbasis bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Kerugian dari penggunaan bahan bakar fosil adalah sifatnya yang tidak ramah lingkungan, karena hasil pembakaran bahan bakar fosil adalah CO<sub>2</sub> yang merupakan gas rumah kaca. Bahan bakar fosil merupakan energi yang tak terbarukan, sehingga apabila dieksploitasi secara terus menerus maka cadangan bahan bakar fosil akan habis. [1] Maka dari itu perlu adanya suatu upaya untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Salah satu energi alternatif yang mudah dan dapat digunakan adalah air. Untuk pemanfaatan energi air ialah dengan menggunakan turbin air sebagai salah satu solusinya. [2]

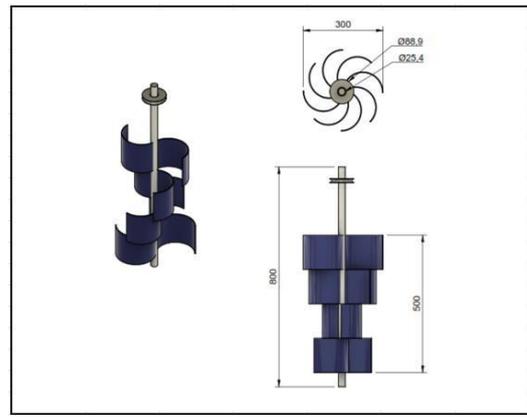
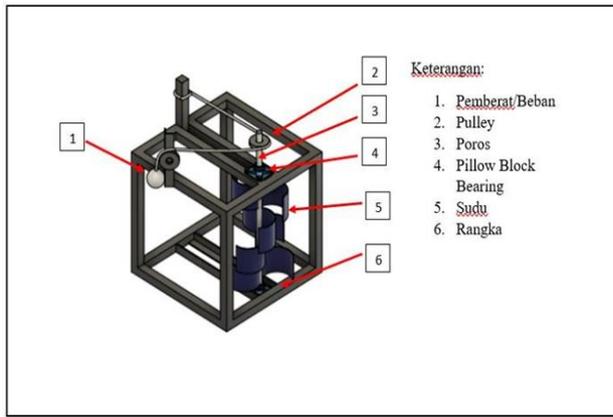
Fluida adalah zat yang mampu mengalir dan menyesuaikan diri dengan wadahnya. Setiap zat atau materi yang mengalami gerakan atau berpindah tempat dari tempat yang satu ke tempat yang lain akan menghasilkan energi dan energi ini sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fisik dari fluida yang merupakan sumber dari energi tersebut. Karena sifat fluida yang sama, maka Savonius juga bisa diterapkan pada aliran air. [3] Bedanya adalah penelitian ini dilakukan pada saluran air tertutup yang sudah dirancang sedangkan fluida angin tidak menggunakan saluran angin yang tertutup. Angin dan air mempunyai masa jenis yang berbeda. Pada kecepatan yang sama air akan memiliki energi yang lebih besar dibandingkan dengan angin, hal ini dikarenakan air mempunyai massa jenis yang lebih besar daripada angin. [4]

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. [5] 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. [6]

Penelitian sebelumnya mengenai studi Pengaruh dari Jumlah Sudu Untuk Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan Menggunakan Deflektor. Dari hasil penelitian ini jumlah sudu turbin berpengaruh pada unjuk kerja kincir air savonius poros vertikal, semakin banyak jumlah sudu maka nilai torsi yang dihasilkan semakin kecil. Dari penelitian didapatkan bahwa kincir air Savonius 2 sudu menghasilkan unjuk kerja yang paling baik. [7] Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah nilai torsi tertinggi diantara setiap variasi jumlah sudu dihasilkan oleh kincir air berjumlah 2 sudu pada kecepatan aliran air 0,7 m/s yaitu sebesar 1,201. Koefisien daya kincir air tertinggi dihasilkan oleh kincir air Savonius 2 sudu pada kecepatan aliran air 0,8 m/s yaitu 0,570. [8]

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian ekperimental dengan desain alat yang terlihat pada gambar 1. Material sudu yang digunakan yaitu talang air setengah bulat PVC berdiameter 6-inch dengan panjang sudu 50 cm. Adapun variasi pembebanan yang digunakan yakni 0,5 kg; 0,7 kg; 1 kg; 1,2 kg; dan 1,5 kg. Selain itu, variasi pembukaan katup juga digunakan pada penelitian ini yakni pembukaan katup 1 (dibendung 2), pembukaan katup 2 (dibendung 1), dan pembukaan katup 3 (tidak dibendung). Pada hasil percobaan dihitung debit air, torsi, daya air, daya kincir, dan efisiensi kincir. [9]



**Gambar 1.** Desain alat pengujian dan sudu kincir air savonius



**Gambar 2.** Pembukaan katup 1 (*gate 1 dan gate 2* ditutup) dan Pembukaan katup 2 (*gate 1* ditutup)



**Gambar 3.** Pembukaan katup 3 (*gate 1 dan gate 2* dibuka)

Adapun spesifikasi alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Alat dan bahan

Nama	Spesifikasi
<i>Tachometer</i>	<i>Digital tachometer</i>
<i>Pulley</i>	Alumunium dengan diameter luar 3,5 inch (8,89 cm)
Neraca pegas	Manual
<i>Bearing</i>	<i>Pillow block</i>
Talang air setengah bulat	Diameter 6 inch (PVC)
Pipa	PVC dengan diameter ¾ inch dan 1 inch

Debit air dapat dihitung menggunakan persamaan: [10]

$$Q = A \times v \quad (1)$$

Dengan Q adalah debit air (m<sup>3</sup>/s), A adalah luas penampang basah sungai (m<sup>2</sup>), dan v adalah kecepatan aliran air (m/s).

Kecepatan aliran air dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$v = \frac{s}{t} \times c \quad (2)$$

Dengan v adalah kecepatan aliran air (m/s), s adalah jarak tempuh (m), t adalah waktu tempuh (s), dan c adalah faktor koreksi (0,65)

Besarnya laju aliran massa dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P_{\text{air}} = \frac{1}{2} \times \rho \times A_s \times v^3 \quad (3)$$

Dengan P<sub>air</sub> adalah daya air yang dihasilkan (W), ρ adalah massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>), A<sub>s</sub> adalah luas penampang sudu (m<sup>2</sup>), dan v adalah kecepatan aliran air (m/s)

Daya kincir dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\tau = F \times r$$

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

$$P_{\text{kincir}} = \tau \times \omega \quad (4)$$

Dengan τ adalah torsi (Nm), F adalah gaya yang bekerja (N), r adalah jari-jari (m), ω adalah kecepatan sudut (rad/s), n adalah putaran (rpm) dan P<sub>kincir</sub> adalah daya kincir yang dihasilkan (W).

Efisiensi kincir dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

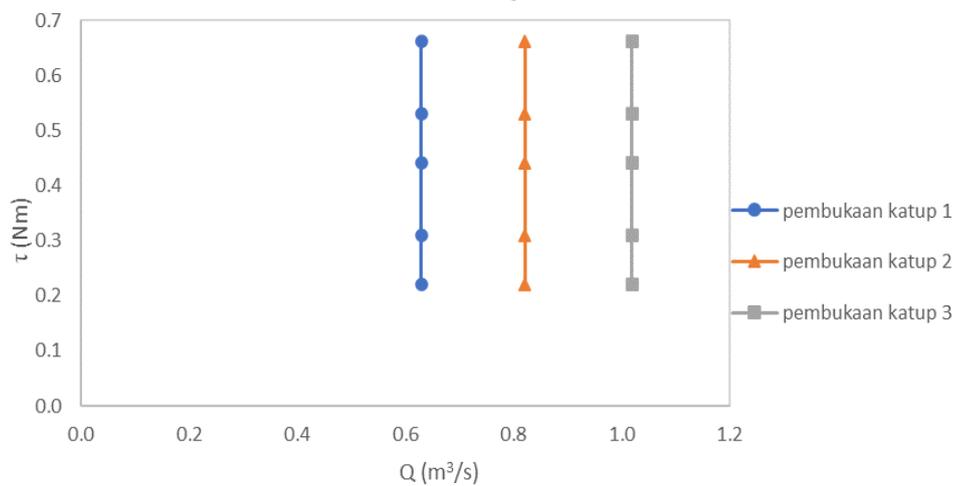
$$\eta = \frac{P_{\text{kincir air}}}{P_{\text{air}}} \times 100\% \quad (5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut data hubungan antara torsi terhadap debit yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Data hubungan antara torsi terhadap debit

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	$\tau$ (Nm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\tau$ (Nm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\tau$ (Nm)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,5	0,221	0,629	0,221	0,821	0,221	1,019
0,7	0,309		0,309		0,309	
1	0,441		0,441		0,441	
1,2	0,530		0,530		0,530	
1,5	0,662		0,662		0,662	



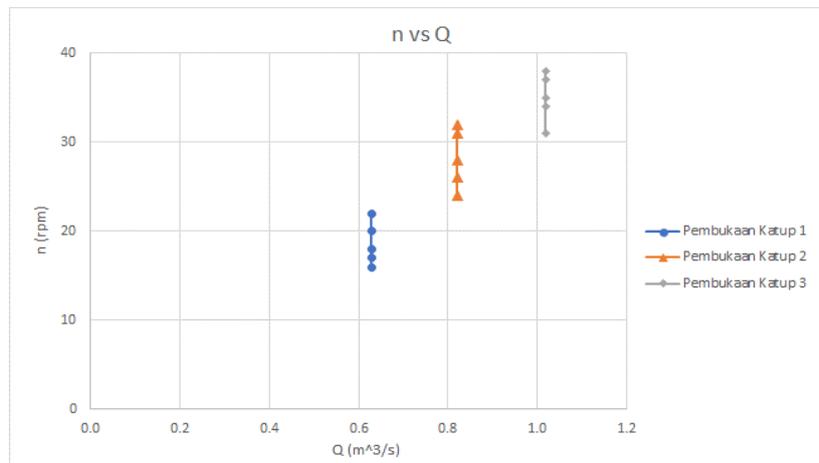
**Gambar 6.** Hubungan antara torsi terhadap debit

Pada tabel 2 dan gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai torsi yang dihasilkan pada masing-masing pembukaan katup memiliki nilai yang sama. Adapun debit dari masing-masing pembukaan katup 1, 2, dan 3 berturut-turut 0,629 m<sup>3</sup>/s; 0,821 m<sup>3</sup>/s; dan 1,019 m<sup>3</sup>/s menghasilkan nilai torsi terkecil 0,221 Nm dan torsi terbesar 0,662 Nm. Dalam hal ini, debit sangat bergantung terhadap torsi yang dihasilkan dari suatu kincir air, di mana ketika debit besar diberikan pada suatu kincir air maka torsi atau kemampuan suatu kincir untuk melakukan kerja akan semakin besar pula agar kincir tersebut dapat berputar. Berikut data hubungan antara putaran terhadap debit yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Data hubungan antara putaran terhadap debit

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	n (rpm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	n (rpm)	Q (m <sup>3</sup> /s)	n (rpm)	Q (m <sup>3</sup> /s)
0,5	22	0,629	32	0,821	38	1,019

<b>0,7</b>	20	31	37
<b>1</b>	18	28	35
<b>1,2</b>	17	26	34
<b>1,5</b>	16	24	31



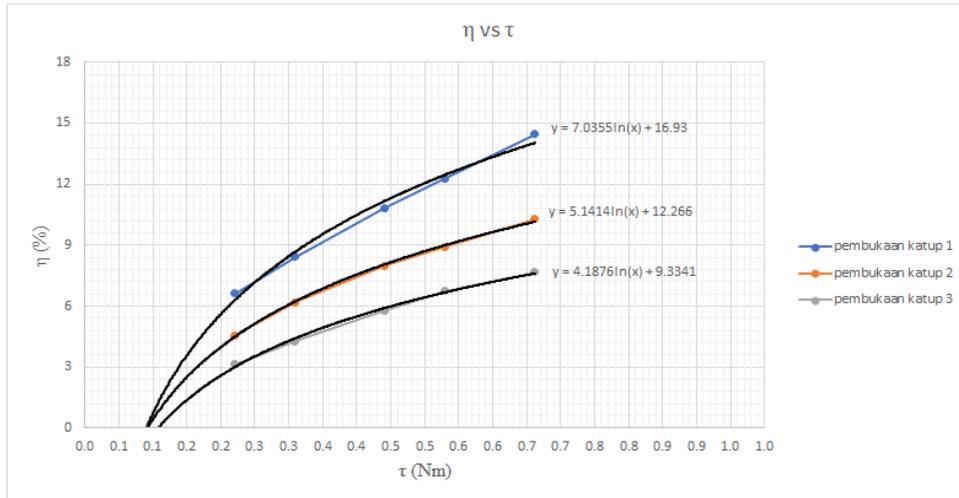
**Gambar 7.** Hubungan antara putaran terhadap debit

Pada tabel 3 dan gambar 7 dapat dilihat bahwa debit air menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Pada pembukaan katup 1(dibendung 2) menghasilkan nilai debit air yaitu 0,629 m<sup>3</sup>/s dengan putaran berturut-turut yaitu 22 rpm, 20 rpm, 18 rpm, 17 rpm, 16 rpm. Pada pembukaan katup 2 (dibendung 1) menghasilkan nilai debit air yaitu 0,821 m<sup>3</sup>/s dengan putaran berturut-turut yaitu 32 rpm, 31 rpm, 28 rpm, 26 rpm, 24 rpm. Pada pembukaan katup 3(tidak dibendung) menghasilkan nilai debit air 1,019 m<sup>3</sup>/s dengan putaran berturut-turut yaitu 38 rpm, 37 rpm, 35 rpm, 34 rpm, 31 rpm.

Hal ini dapat dilihat pada persamaan (1) dimana debit adalah hasil perkalian antara luas penampang basah sungai dengan kecepatan aliran air. Sehingga, jika kecepatan aliran air besar maka akan menyebabkan debit semakin besar. Hal ini juga akan berpengaruh pada putaran kincir yang dimana akan semakin besar pula. Berikut data hubungan antara efisiensi kincir terhadap torsi yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Data hubungan antara efisiensi kincir terhadap torsi

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	$\eta$ (%)	$\tau$ (Nm)	$\eta$ (%)	$\tau$ (Nm)	$\eta$ (%)	$\tau$ (Nm)
<b>0,5</b>	6,62	0,221	4,46	0,221	3,14	0,221
<b>0,7</b>	8,43	0,309	6,32	0,309	4,28	0,309
<b>1</b>	10,84	0,441	8,16	0,441	5,78	0,441
<b>1,2</b>	12,29	0,530	9,09	0,530	6,74	0,530
<b>1,5</b>	14,45	0,662	10,49	0,662	7,68	0,662



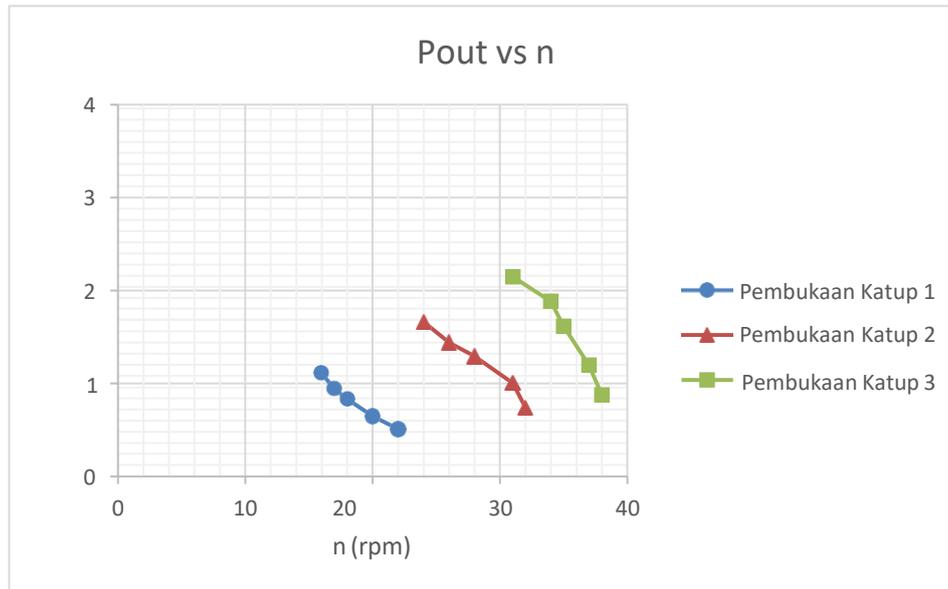
**Gambar 8.** Hubungan antara efisiensi kincir terhadap torsi

Pada tabel 4 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi kincir yang dihasilkan dari masing-masing pembukaan katup berbeda-beda. Dimana pada pembukaan 1 (dibendung 2) nilai efisiensi paling kecil yaitu 6,62% dengan nilai torsi 0,221 Nm dan nilai efisiensi paling besar yaitu 14,45% dengan nilai torsi 0,662 Nm. Pada pembukaan katup 2 (dibendung 1) menghasilkan nilai efisiensi terkecil yaitu 4,46% dengan nilai torsi 0,221 Nm dan nilai efisiensi terbesar yaitu 10,49% dengan nilai torsi 0,662 Nm. Pada pembukaan katup 3 (tidak dibendung) menghasilkan nilai efisiensi terkecil yaitu 3,14% dengan nilai torsi 0,221 Nm dan nilai efisiensi terbesar yang dihasilkan yaitu 7,68% dengan nilai torsi 0,662 Nm.

Hal ini dapat ditinjau pada persamaan (5) dimana efisiensi kincir merupakan perbandingan antara daya kincir air terhadap daya air. Besarnya daya kincir yang dihasilkan dipengaruhi oleh torsi yang diberikan. Sehingga semakin besar torsi yang diberikan maka daya kincir air yang dihasilkan semakin besar dan akan mempengaruhi efisiensi kincir yang dihasilkan yakni akan semakin besar. Berikut data hubungan antara daya kincir terhadap putaran yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Data hubungan antara efisiensi kincir terhadap torsi

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	n (rpm)	Pout (watt)	n (rpm)	Pout (watt)	n (rpm)	Pout (watt)
0,5	22	0,508	32	0,739	38	0,878
0,7	20	0,647	31	1,003	37	1,197
1	18	0,832	28	1,294	35	1,617
1,2	17	0,943	26	1,442	34	1,885
1,5	16	1,109	24	1,663	31	2,149



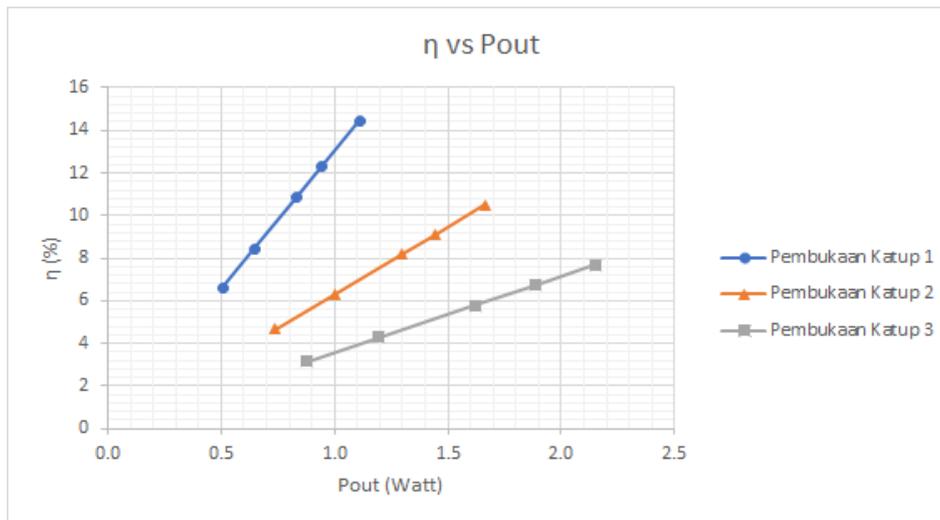
**Gambar 9.** Hubungan antara Daya Kincir terhadap Putaran

Pada tabel 5 dan gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai daya kincir yang dihasilkan dari masing-masing pembukaan katup berbeda-beda. Dimana pada pembukaan katup 1 (dibendung 2) menghasilkan nilai daya kincir paling kecil yaitu 0,508-watt pada putaran 22 rpm dan nilai daya kincir yang paling besar yaitu 1,109-watt pada putaran 16 rpm. Pada pembukaan katup 2 (dibendung 1) menghasilkan nilai daya kincir paling kecil yaitu 0,739-watt pada putaran 32 rpm dan nilai daya kincir paling besar yang dihasilkan yaitu 1,663-watt pada putaran 24 rpm. Pada pembukaan katup 3 (tidak dibendung) menghasilkan nilai daya kincir paling kecil yaitu 0,878-watt pada putaran 38 rpm dan nilai daya kincir paling besar dihasilkan yaitu 2,149-watt pada putaran 31 rpm.

Hal tersebut dapat ditinjau pada persamaan (4) yakni menghitung nilai daya kincir diperoleh dari perkalian antara torsi dan kecepatan sudut. Sehingga, semakin besar torsi dan kecepatan sudut yang dihasilkan maka daya kincir yang dihasilkan juga akan semakin besar, namun putaran yang mampu dihasilkan semakin kecil. Berikut data hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Data hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	P <sub>kincir</sub> (watt)	η (%)	P <sub>kincir</sub> (watt)	η (%)	P <sub>kincir</sub> (watt)	η (%)
<b>0,5</b>	0,508	6,62	0,739	4,66	0,878	3,14
<b>0,7</b>	0,647	8,43	1,003	6,32	1,197	4,28
<b>1</b>	0,832	10,84	1,294	8,16	1,617	5,78
<b>1,2</b>	0,943	12,29	1,442	9,09	1,885	6,74
<b>1,5</b>	1,109	14,45	1,663	10,49	2,149	7,68



**Gambar 10.** Hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir

Pada tabel 6 dan gambar 10 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi kincir yang dihasilkan dari masing-masing pembukaan katup berbeda-beda pada masing-masing pembukaan katup. Pada pembukaan katup 1 dengan daya kincir sebesar 1,109 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 14,45 %. Pada pembukaan katup 2 dengan daya kincir sebesar 1,663 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 10,49 %. Dan pada pembukaan katup 3 dengan debit sebesar 2,149 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 7,68 %. Hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir dapat dikatakan bahwa semakin besar daya kincir maka akan semakin besar efisiensi kincir yang dihasilkan pada masing-masing pembukaan katup.

Hal tersebut dapat ditinjau pada persamaan (5) yakni menghitung nilai efisiensi kincir diperoleh dari pembagian antara daya kincir sebagai daya output dan daya air sebagai daya input. Sehingga, semakin besar daya kincir maka efisiensi kincir yang mampu dihasilkan akan semakin besar.

### KESIMPULAN

Dengan memberikan variasi debit pada kincir air savonius maka dapat memberikan pengaruh terhadap daya kincir yang diperoleh. Dalam hal ini, jika debit yang diberikan pada kincir semakin besar maka torsi dan putaran yang dihasilkan semakin besar pula. Sehingga daya kincir yang dihasilkan juga semakin besar. Daya kincir terbesar terdapat pada debit 3 atau pembukaan katup 3 dengan debit 1,019 m<sup>3</sup>/s yaitu 2,149-watt dengan putaran 31 rpm dan torsi 0,662 Nm. Kemudian pada debit 2 atau pembukaan katup 2 dengan 0,821 m<sup>3</sup>/s yaitu 1,663-watt dengan putaran 24 rpm dan torsi 0,662 Nm. Selanjutnya pada debit 1 atau pembukaan katup 1 dengan 0,629 m<sup>3</sup>/s yaitu 1,109-watt dengan putaran 16 rpm dan torsi 0,662 Nm.

Dengan memberikan variasi debit pada kincir air savonius maka dapat memberikan pengaruh terhadap efisiensi kincir yang diperoleh. Dalam hal ini, jika debit yang diberikan pada kincir semakin besar, maka torsi yang dihasilkan semakin besar, namun efisiensi yang dihasilkan semakin kecil. Sehingga efisiensi terbesar terdapat pada debit 1 atau pembukaan katup 1 dengan 0,629 m<sup>3</sup>/s yaitu 14,45% dengan torsi 0,662 Nm. Kemudian pada debit 2 atau pembukaan katup 2 dengan 0,821 m<sup>3</sup>/s yakni 10,49% dengan torsi 0,662 Nm. Selanjutnya pada debit 3 atau pembukaan katup 3 dengan 1,019 m<sup>3</sup>/s yaitu 7,68% dengan torsi 0,662 Nm.

Kinerja terbaik yang diperoleh dari kincir air savonius empat sudu bersusun yakni pada debit 1 dengan daya kincir 1,109-watt dan efisiensi kincir 14,45% pada pembebanan 1,5 kg. Selanjutnya pada debit 2 yakni 0,821 m<sup>3</sup>/s dengan efisiensi 10,49%. Kemudian pada debit 3 yakni 1,019 m<sup>3</sup>/s memiliki efisiensi kincir terkecil yaitu 7,68%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta karunia yang tidak ternilai harganya dan tak akan mampu terbalas dengan apapun juga. Salam dan shalawat tak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah SAW atas semua hadits dan sunah – sunahnya yang masih sering penulis ingkari. Sembah sujud dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang telah memberikan kasih sayang tulus dan tanpa pamrih. Karya ini kami persembahkan kepada keduanya sebagai wujud bakti kami kepada mereka.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arazi, Fahrudin. 2020. *Simulasi Numerik Karakteristik Unjuk Kerja Turbin Air Savonius Darrieus NACA 0015*. Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara.
- [2] Fendiyatma, A. P. 2018. *Pengaruh dari Jumlah Sudu untuk Kinerja Kincir Air Savonius Poros Vertikal dengan menggunakan Deflektor*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [3] Hariadi, Fandi. 2020. *Simulasi Numerik Karakteristik Kinerja Turbin Air Darrieus Akibat Perubahan Sudut Serang Pada Profil NACA 0012*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan.
- [4] Hidayatullah, R. A., Ziana, Z., & Shaskia, N. 2021. *Peninjauan Nilai Efisiensi Saluran Sekunder Reuleut pada Daerah Jaringan Irigasi Krueng Tuan*. Journal of The Civil Engineering Student, 3(2), 197–203.
- [5] Irawan, H., Syamsuri, & Q, R. 2018. *Analisis Performansi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Jenis Turbin Pelton Dengan Variasi Bukaannya Katup Dan Beban Lampu Menggunakan Inverter* Hery Irawan<sup>1</sup>, Syamsuri<sup>2</sup>, Rahmad Q<sup>3</sup>. Jurnal Hasil Penelitian LPPM Untag Surabaya Januari, 0301, 27–31.
- [6] Irawansyah, H. 2017. *Mesin Konversi Energi*. Mesin Konversi Energi, 91, 399–404. Universitas Lambung Mangkurat Jaya, A. R. 2008. *Turbin Aliran Silang Dengan Jumlah Sudu 18 Untuk Pembangkit Listrik (pp. 1–74)*. Universitas Sanata Dharma.
- [7] Mahfud, Muhammad. 2019. *Unjuk Kerja Kincir Air Savonius Poros Horizontal Dua Tingkat Dengan Variasi Deflektor Tunggal*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [8] Putra, Yogi. 2018. *Pengaruh Jumlah Sudu terhadap Unjuk Kerja Kincir Air Poros Vertikal Tipe Savonius*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [9] Saputra, O. A. 2018. *Analisa Pengaruh Diameter Sudu Pengarah dan Debit Aliran Air Terhadap Performa Turbin Kaplan*. Universitas 17 Agustus 1945.
- [10] Sitompul, Angreana. 2021. *Analisis Pengaruh Ketinggian Sudu Turbin Air Savonius Bersudu 3 dan Penambahan Alur pada Sisi Cekung Terhadap Kinerja Turbin*. Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Vol 4 No.1.