



Analisis kinerja kincir air savonius poros vertikal dengan dua sudu pada beberapa variasi debit

Performance analysis of the vertical shaft savonius water wheel with two blades at several discharge variations

G.A. Duma*, L. Sule, H.D. Hafid

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Jl. Poros Malino km 6, Bontomarannu, Gowa, Indonesia.

*E-mail: gerardduma@unhas.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received 22 June 2023

Accepted 11 September 2023

Available online 01 October 2023

Keywords:

Energy

Vertical savonius waterwheel

Blades

Power

Efficiency

The Savonius waterwheel is a type of waterwheel with a vertical shaft rotation direction that can be used to convert the potential energy of water into energy of motion. This waterwheel works due to the difference in the force received at each blade. This test uses two semi-circular gutter blades which are paired oppositely to resemble the letter "S". The discharge variations given are opening valve 1 (damped 2), opening valve 2 (damped 1), and opening valve 3 (undamped). The results obtained show that opening valve 1 has the highest efficiency value of 18.97% with water power of 7.672 W and waterwheel power of 1.455 W.



1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan suatu energi sangat dibutuhkan oleh manusia dalam melakukan kegiatan sehari-hari terutama energi listrik. Kebutuhan akan energi listrik akan selalu bertambah dari tahun ke tahun dikarenakan perkembangan jumlah manusia yang semakin meningkat. Indonesia pada tahun 2016 sekitar 75% bahan bakar fosil merupakan penyuplai energi terbesar yang berupa bahan bakar gas, batu bara dan minyak bumi (Fitriansyah dkk., 2020).

Salah satu sumber energi penghasil energi listrik yang masih banyak tersedia di Indonesia dan ramah lingkungan adalah sumber energi air. Negara Indonesia sangat berpotensi untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan energi air dikarenakan di wilayah Negara Indonesia masih banyak mempunyai sumber daya alam air yang sangat melimpah. Instalasi yang dapat digunakan untuk memanfaatkan sumber daya air adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). PLTMH merupakan pembangkit listrik skala kecil yang memanfaatkan energi air sebagai tenaga penggerak. Energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi berasal dari sungai, air terjun, atau saluran irigasi (Kusnadi dkk., 2018).

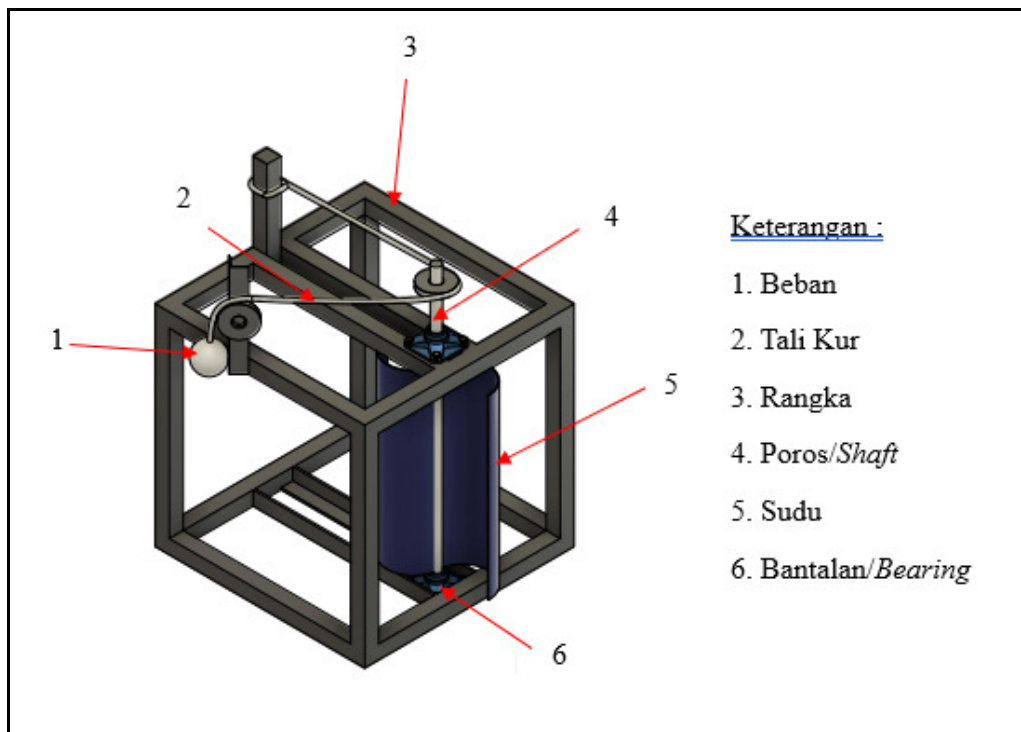
Air merupakan salah satu elemen terpenting bagi kehidupan makhluk hidup yang ada di permukaan bumi, dengan begitu banyak hal yang dapat diberikan terutama bagi manusia untuk bisa memenuhi kebutuhannya

sehari-hari. Secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. Jumlah ini pada dasarnya adalah potensi yang dapat dimanfaatkan. Namun faktanya saat ini baru sekitar 23% yang sudah termanfaatkan. Sekitar 20% yang dimanfaatkan tersebut digunakan untuk memenuhi kebutuhan air baku rumah tangga, kota, dan industri; 80 % lainnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan irigasi (Boli dkk., 2018).

Turbin air menghasilkan listrik dengan memanfaatkan energy kinetik dari aliran sungai atau danau yang dibendung, kemudian diubah menjadi energy mekanis pada poros dan dihubungkan ke generator untuk membangkitkan listrik. Selain turbin, ada juga kincir air yang mempunyai skala daya yang lebih kecil seperti penelitian oleh Doddy dkk. (2021), Alit dkk. (2019), Anugera (2019). Kincir air savonius mulanya digunakan sebagai kincir angin namun seiring berkembangnya penelitian sudah banyak digunakan sebagai kincir air di sungai maupun danau (Rendi dkk., 2022). Kincir air savonius dibagi menjadi dua jenis berdasarkan posisi kincirnya yaitu kincir air poros vertikal dan kincir air poros horisontal. Poros vertikal dan horisontal menghasilkan nilai momentum dan energi mekanis pada turbin berbeda (Sule dkk., 2018). Berdasarkan penelitian sebelumnya mengenai studi pengaruh jumlah sudu terhadap unjuk kerja savonius *water turbine* pada aliran dalam pipa dikatakan bahwa jumlah sudu berpengaruh terhadap unjuk kerja yang dihasilkan oleh turbin air savonius. Semakin banyak jumlah sudu yang digunakan, maka nilai torsi yang dihasilkan akan semakin kecil. Sehingga kesimpulan dari penelitian tersebut didapatkan bahwa turbin air savonius 2 sudu menghasilkan unjuk kerja yang paling baik dengan nilai torsi yang dihasilkan sebesar 3,163 Nm. Untuk 4 sudu sebesar 1,924 Nm ; 6 sudu sebesar 0,965 Nm ; 10 sudu sebesar 0,738 Nm ; dan 12 sudu sebesar 0,539 Nm.

2. METODE PENELITIAN

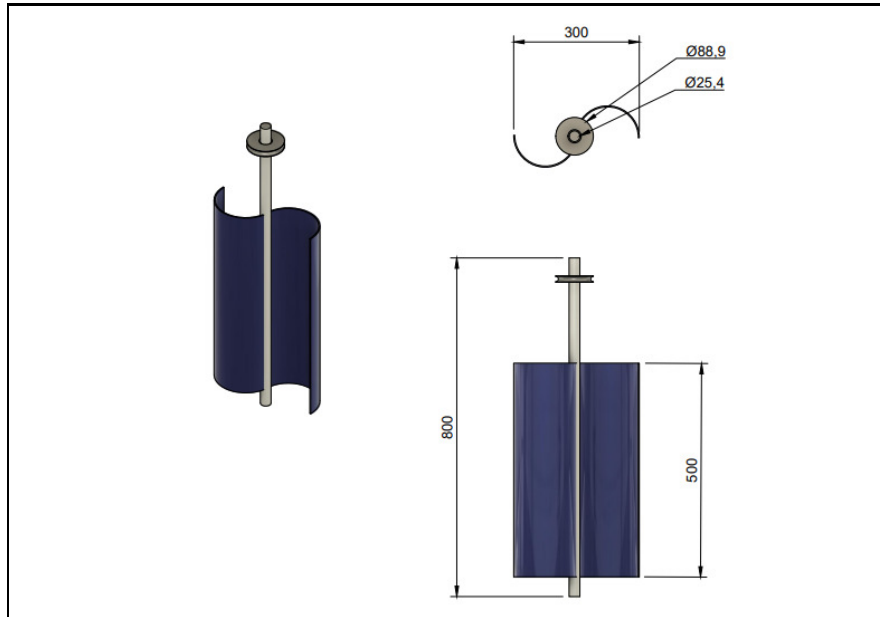
Penelitian ini merupakan penelitian ekperimental dengan desain alat yang terlihat pada gambar 1 dan 2. Material sudu yang digunakan yaitu talang air setengah bulat PVC berdiameter 6 inch dengan panjang sudu 50 cm. Adapun variasi pembebanan yang digunakan yakni 0,5 kg; 0,7 kg; 1 kg; 1,2 kg; dan 1,5 kg. Selain itu, Pembukaan katup 1 digunakan ketika hanya saluran utama yang dibuka dan kedua gate ditutup, maka hanya aliran air dari saluran utama yang digunakan untuk memutar kincir dan debit yang diperoleh sebesar 0,629 m³/s. Pembukaan katup 2 digunakan ketika hanya gate 2 dan saluran utama yang dibuka dan gate 1 ditutup, maka hanya aliran air dari gate 2 dan saluran utama yang digunakan untuk memutar kincir dan debit yang diperoleh sebesar 0,821 m³/s. Pembukaan katup 3 digunakan ketika kedua gate (gate 1 dan 2) dibuka, maka seluruh aliran air atau energi kinetik air digunakan untuk memutar kincir dan debit yang diperoleh sebesar 1,019 m³/s. Data yang diukur adalah putaran kincir, debit, dan kecepatan air sungai.



Gambar 1. Desain alat pengujian

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

Tabel 1. Alat dan bahan	
Nama	Spesifikasi
Tachometer	Digital tachometer
Pulley	Aluminium dengan diameter luar 3,5 inch (8,89 cm)
Neraca pegas	Manual
Bearing	Pillow block
Talang air setengah bulat	Diameter 6 inch (PVC)
Pipa	PVC dengan diameter ¾ inch dan 1 inch



Gambar 2. Desain sudu kincir air savonius



Gambar 3. Pembukaan katup 1 (gate 1 dan gate 2 ditutup)



Gambar 4. Pembukaan katup 2 (gate 1 ditutup)



Gambar 5. Pembukaan katup 3 (gate 1 dan gate 2 dibuka)



Gambar 6. Instalasi kincir air savonius vertikal

Debit air dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$Q = Av \quad (1)$$

Dengan Q adalah debit air (m^3/s), A adalah luas penampang basah sungai (m^2), dan v adalah kecepatan aliran air (m/s). Kecepatan aliran air dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$v = \frac{sc}{t} \quad (2)$$

s adalah jarak tempuh (m), t adalah waktu tempuh (s), dan c adalah faktor koreksi (0,65 untuk sungai dangkal, aliran bebas)

Besarnya laju aliran massa dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$P_{air} = 0,5 \rho A_s v^3 \quad (3)$$

Dengan P_{air} adalah daya air yang dihasilkan (W), ρ adalah massa jenis air (kg/m^3), A_s adalah luas penampang sudu (m^2). Daya kincir dapat dihitung menggunakan persamaan (6).

$$\tau = Fr \quad (4)$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \quad (5)$$

$$P_{kincir} = \tau \omega \quad (6)$$

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_{kincir} adalah daya kincir yang dihasilkan (W).

Efisiensi kincir dapat dihitung menggunakan persamaan (7).

$$\eta = \frac{P_{kincir}}{P_{air}} 100\% \quad (7)$$

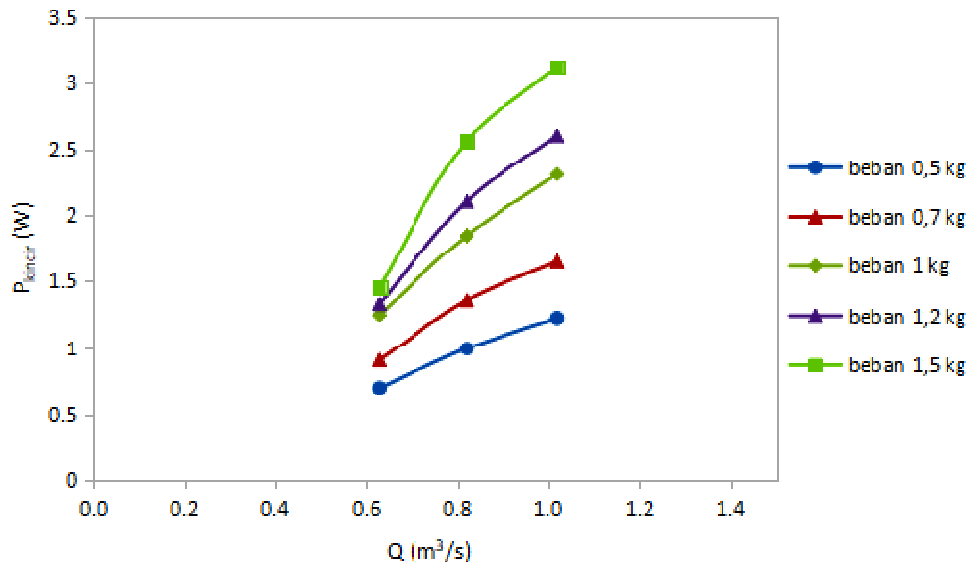
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Tabel 2. Data hubungan antara daya kincir (P_{kincir}) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	Q (m^3/s)	P_{kincir} (W)	Q (m^3/s)	P_{kincir} (W)	Q (m^3/s)	P_{kincir} (W)
0,5		0,693		0,993		1,224
0,7	0,629	0,906	0,821	1,358	1,019	1,650
1		1,248		1,848		2,310

1,2	1,331	2,107	2,606
1,5	1,455	2,564	3,119



Gambar 7. Hubungan antara daya kincir terhadap debit

Pada tabel 2 dan gambar 7 dapat dilihat bahwa daya kincir terkecil yakni 0,693 watt terdapat pada beban 0,5 kg dengan debit 0,629 m³/s dan daya kincir terbesar yakni 3,119 watt terdapat pada beban 1,5 kg dengan debit 1,019 m³/s. Dalam hal ini, debit sangat bergantung terhadap daya kincir air yang dihasilkan yaitu ketika debit besar diberikan pada suatu kincir air maka putaran yang dihasilkan akan semakin besar pula karena banyaknya volume air yang ditangkap oleh sudu sehingga jumlah putaran yang dihasilkan akan semakin banyak. Hal tersebut akan berpengaruh terhadap nilai daya kincir yang dihasilkan. Dengan kata lain, nilai daya kincir akan semakin besar. Berikut data hubungan antara putaran terhadap debit yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada tabel 3.

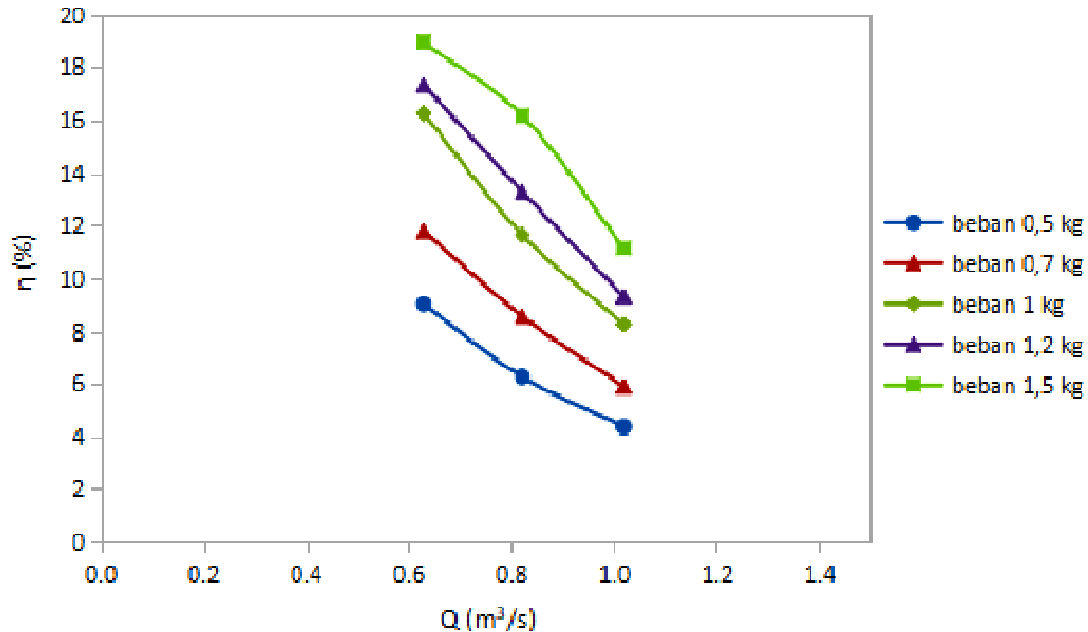
Tabel 3. Data hubungan antara efisiensi kincir (η) dengan debit (Q) pada variasi pembebanan

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	Q (m ³ /s)	η (%)	Q (m ³ /s)	η (%)	Q (m ³ /s)	η (%)
0,5		9,034		6,265		4,377
0,7		11,804		8,567		5,896
1	0,629	16,261	0,821	11,656	1,019	8,258
1,2		17,345		13,288		9,315
1,5		18,971		16,173		11,148

Pada tabel 3 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi terkecil yakni 4,377 % terdapat pada debit 1,019 m³/s dengan beban 0,5 kg dan nilai efisiensi terbesar yakni 18,971 % terdapat debit 0,629 m³/s dengan beban 1,5 kg. Dalam hal ini, pemberian variasi debit akan mempengaruhi efisiensi kincir yang dihasilkan karena ketika volume air yang besar diberikan pada sebuah kincir maka daya air yang dihasilkan akan bernilai kecil, namun nilai efisiensi yang dihasilkan besar. Sehingga hubungan antara efisiensi kincir terhadap debit yakni berbanding terbalik. Semakin besar debit maka semakin kecil efisiensi yang dihasilkan.

Pada tabel 4 dan gambar 9 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 1,455 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 18,971 %. Pada pembukaan katup 2 dengan daya kincir sebesar 2,564 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 16,173 %. Dan pada pembukaan katup 3 dengan

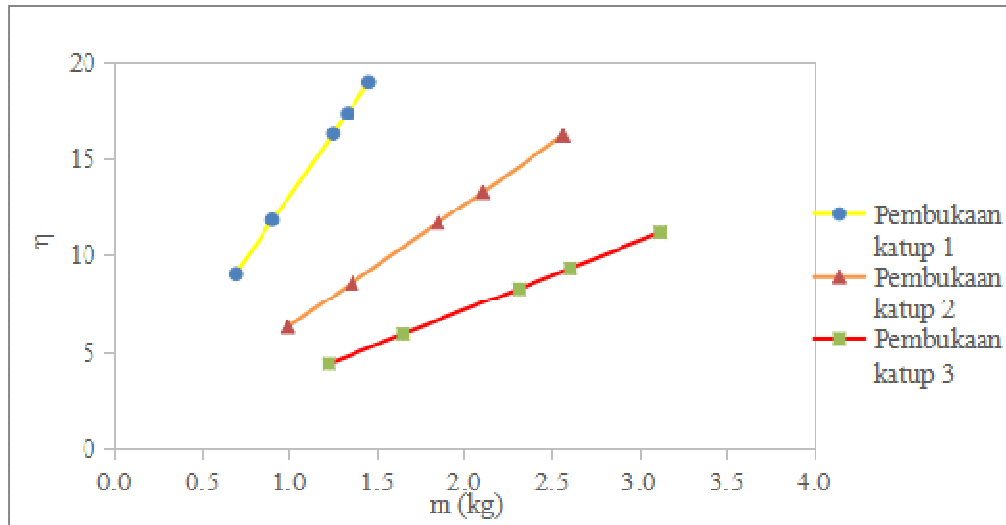
debit sebesar 3,119 watt menghasilkan efisiensi kincir sebesar 11,148 %. Hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir dapat dikatakan bahwa semakin besar daya kincir maka akan semakin besar efisiensi kincir yang dihasilkan pada masing-masing pembukaan katup. Hal tersebut dapat ditinjau pada 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.



Gambar 8. Hubungan antara putaran terhadap debit

Tabel 4. Data hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir

Beban (kg)	Pembukaan Katup 1		Pembukaan Katup 2		Pembukaan Katup 3	
	P_{kincir} (watt)	η (%)	P_{kincir} (watt)	η (%)	P_{kincir} (watt)	η (%)
0,5	0,693	9,034	0,993	6,265	1,224	4,377
0,7	0,906	11,804	1,358	8,567	1,650	5,896
1	1,248	16,261	1,848	11,656	2,310	8,258
1,2	1,331	17,345	2,107	13,288	2,606	9,315
1,5	1,455	18,971	2,564	16,173	3,119	11,148



Gambar 9. Hubungan antara efisiensi kincir terhadap daya kincir

4. KESIMPULAN

Kinerja terbaik yang dihasilkan dari kincir air savonius poros vertikal dua sudu yakni terdapat pada beban 1,5 kg dengan putaran rendah. Pembukaan katup 1 (0,629 m³/s) dihasilkan efisiensi kincir 18,971 % pada daya kincir 1,455 W dan putaran 21 rpm, pembukaan katup 2 (0,821 m³/s) dihasilkan efisiensi kincir 16,173 % pada daya kincir 2,564 watt dan putaran 37 rpm, dan pembukaan katup 3 (1,019 m³/s) dihasilkan efisiensi kincir 11,148 % pada daya kincir 3,119 watt dan putaran 45 rpm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis pada kesempatan ini ingin mengucapkan terimakasih ke Laboratorium Mesin Fluida, Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin atas fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR NOTASI

Q	: Debit air (m ³ /s)
v	: Kecepatan aliran air (m/s)
A	: Luas penampang basah sungai (m ²)
s	: Jarak tempuh (m)
P_{air}	: Daya air yang dihasilkan (W)
ρ	: Massa jenis air (kg/m ³)
A_s	: Luas penampang sudu (m ²)
τ	: Torsi (Nm)
F	: Gaya (N)
r	: Jari-jari pembebanan (m)
m	: Massa (kg)
g	: Gravitasi bumi (m/s ²)
ω	: Kecepatan sudut (rad/s)
n	: Putaran (rpm)
P_{kincir}	: Daya kincir yang dihasilkan (W)
η	: Efisiensi kincir (%)

DAFTAR PUSTAKA

- Alit, I.B., Mara, I.M., Susana, I.G.B., Sapri, S., Uji performance turbin Savonius dengan penambahan konsentrator pada aliran air, *Jurnal Dinamika Teknik Mesin*, 9(1), 58-64, 2019.
- Anugera, Y., Unjuk kerja kincir air savonius poros horizontal empat sudu dengan variasi sudut deflektor, Tugas Akhir Program Studi Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, 2019.
- Boli, R., Makhsud, A., Tahir, M., Tahir, M., Analisis daya output dan efisiensi kincir air sudu miring yang bekerja pada saluran horizontal, *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 1(2), 1, 2018.

- Doddy, S., Faisal, M., Gilang, R., Analisis jumlah dan sudut blade terhadap kecepatan dan tekanan turbin air savonius dengan metode CFD, *Jurnal Teknik Mesin – ITI*, 5(3), 2021.
- Fitriansyah, Wahyudi, S., Winarto, Pengaruh kedalaman sudu mangkok terhadap unjuk kerja turbin kinetik, *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(3), 2020.
- Kusnadi, A.M., Pakki, G., Gunarko, K., Rancang bangun dan uji performansi turbin air jenis kaplan skala mikrohidro, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 2018.
- Rendi, Budi, H., Pengaruh kelengkungan deflektor turbin savonius modifikasi untuk turbin hidrokinetik, *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 7(1), 2022.
- Sule, L., Rompas, P.T.D., Performance of savonius blade waterwheel with variation of blade number, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1), 2018.