

## Kinerja Turbin *Vortex* dengan Sudu *Semi Twisted Curve*

I Nyoman Mariawan<sup>1)</sup>, Made Sucipta<sup>2)\*</sup>, Made Suarda<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Denpasar, Bali 80234

Email : [nyomanmariawan@yahoo.com](mailto:nyomanmariawan@yahoo.com)

<sup>2,3)</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana  
Bukit Jimbaran, Bali 80362

Email : [m.sucipta@unud.ac.id](mailto:m.sucipta@unud.ac.id), [made.suarda@unud.ac.id](mailto:made.suarda@unud.ac.id)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2022.v08.i01.p07>

### Abstrak

Turbin *vortex* adalah turbin yang beroperasi dengan memanfaatkan aliran *vortex* sebagai penggerak sudu-sudu turbin yang kemudian poros turbin dihubungkan ke generator untuk mengkonversi energi mekanis poros kedalam bentuk energi listrik. Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kinerja turbin *vortex* adalah bentuk sudu. Banyak penelitian tentang sudu turbin *vortex* yang telah dilakukan, seperti berbentuk profil 3D *curve helix* dan *curved*. Pada penelitian ini dilakukan pengujian secara eksperimental sistem turbin *vortex* menggunakan sudu *semi twisted curve* dengan sudut sudu 40°, 60° dan 80° diuji pada posisi *runner* turbin 0 cm atau sejajar dengan dasar saluran air menuju *basin*. Debit aliran air yang digunakan adalah 0,006 m<sup>3</sup>/dt. Hasil penelitian menunjukkan daya dan efisiensi tertinggi dihasilkan turbin dengan sudu 60° yaitu 7,21 watt dan 28,47 % pada putaran 80 rpm.

**Kata kunci** : Kinerja, *Runner*, Turbin *vortex*, *Semi twisted curve*

### Abstract

A vortex turbine is a turbine that operates by utilizing a vortex flow as a driving force for the turbine blades, then the turbine shaft is connected to a generator to convert the mechanical energy of the shaft into electrical energy. One of the parameters that affect the performance of the vortex turbine is the blade shape. Many studies on vortex turbine blades have been carried out, such as 3D curve helix and curved profiles. In this study, experimental tests of the vortex turbine system have been carried out using semi twisted curve blades with blade angles of 40°, 60° and 80° was tested at the turbine runner position of 0 cm or parallel to the bottom of the water channel to the basin. The flow rate of the water used is 0.006 m<sup>3</sup>/sec. The results showed that the highest power and efficiency was produced by a turbine with 60° blade angle, it is 7,21 watt and 28,47% at 80 rpm.

**Keywords**: Performance, *Runner*, Vortex turbine, *Semi twisted curve*

## 1) PENDAHULUAN

Secara umum energi yang banyak digunakan adalah energi fosil. Penggunaan energi fosil secara terus menerus akan dapat menyebabkan krisis energi karena ketersediaan yang semakin terbatas. Selain itu juga akan memberikan dampak yang kurang baik untuk lingkungan. Hal tersebut yang membuat manusia terus berusaha untuk mencari energi alternatif terbarukan dan ramah lingkungan.

Salah satu sumber daya alam yang tersedia adalah air. Sumber aliran air dapat digunakan sebagai media untuk pembangkit energi listrik, salah satunya dengan memanfaatkan potensi ketinggian dan debit aliran yang tersedia. Banyak PLTMH yang ada saat ini memanfaatkan *head* air yang tinggi untuk menghasilkan energi listrik. Sedangkan untuk aliran sungai dengan

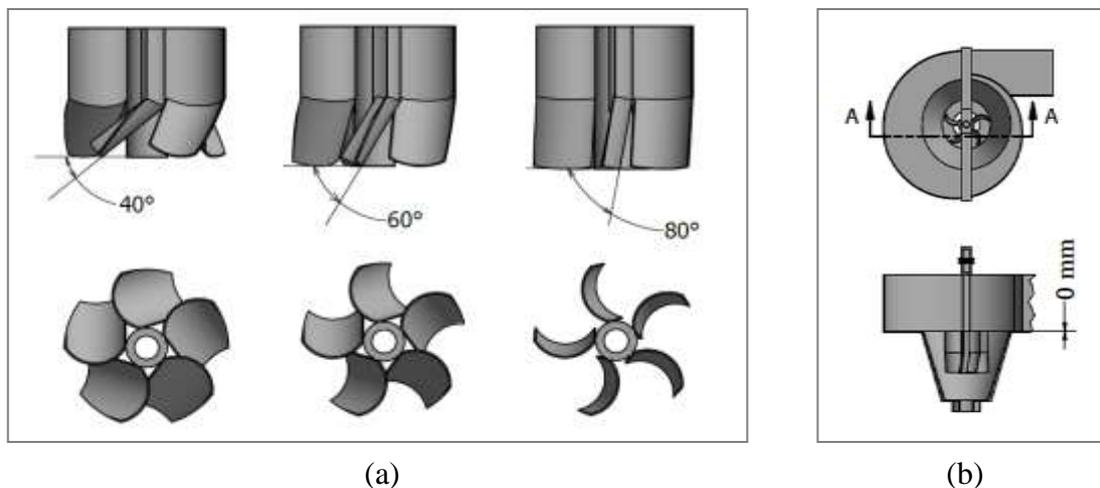
*head* yang rendah belum dimanfaatkan secara optimal. Pembangkit listrik berbasis turbin *vortex* dapat digunakan sebagai solusi untuk daerah yang tidak terjangkau listrik dan memiliki debit air pada *head* yang relatif rendah [1]. Turbin *vortex* adalah sebuah pilihan yang baik untuk pembangkit listrik di desa-desa terpencil di mana pasokan jaringan listrik sulit [2]. [3] Dalam penelitiannya menyatakan bahwa dengan menggunakan pusaran air dari sungai sebagai pembangkit dapat meningkatkan efisiensi, menurunkan biaya serta tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kinerja turbin *vortex* adalah bentuk sudu dan jarak kedalaman *runner*. Banyak penelitian tentang sudu turbin *vortex* yang telah dilakukan, seperti berbentuk profil 3D *curve helix* [4] dan *curved* [5]. Kedua model sudu tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dengan demikian penulis merencanakan bentuk sudu dengan mengkombinasikan kedua model sudu tersebut agar lebih mudah secara pembuatan dan dapat diaplikasikan dengan mudah khususnya di daerah pedesaan. Pada penelitian ini dilakukan pengujian secara eksperimental sistem turbin *vortex* menggunakan sudu *semi twisted curve* dengan sudut sudu 40°, 60° dan 80° diuji pada posisi *runner* turbin 0 cm atau sejajar dengan dasar saluran air menuju *basin*. Tujuannya adalah untuk mengetahui kinerja turbin *vortex* dengan sudu *semi twisted curve* dalam pemanfaatannya sebagai pembangkit listrik tenaga air.

## 2) METODE

### 2.1. Rancangan Penelitian

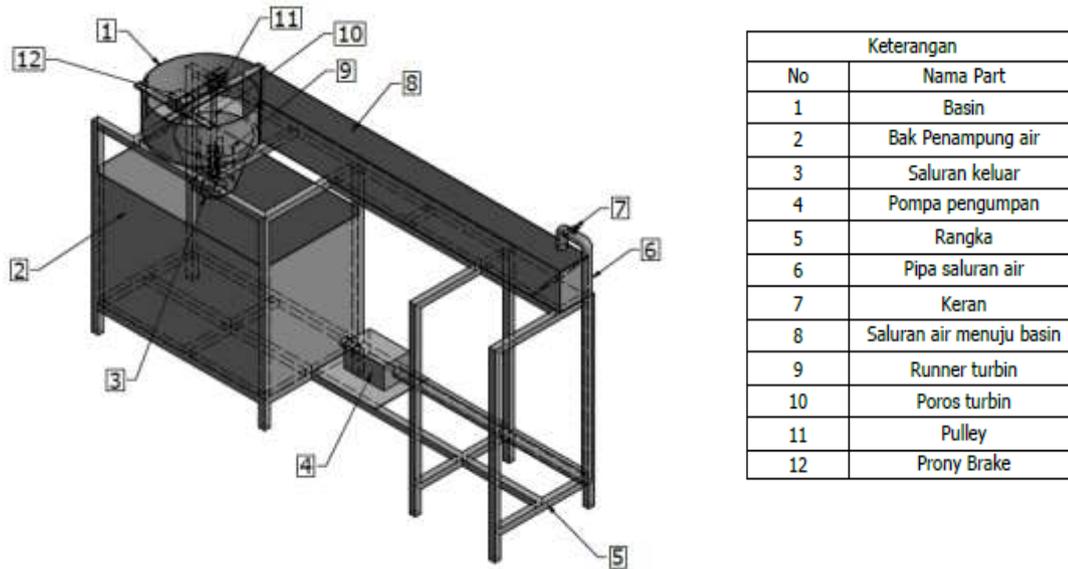
Dalam penelitian ini dilakukan pengujian secara eksperimental sistem instalasi turbin *vortex* dengan sudut sudu 40°, 60° dan 80° diuji pada posisi *runner* turbin 0 cm atau sejajar dengan dasar saluran air menuju *basin*, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Sudu turbin *semi twisted curve* 40°, 60° dan 80°, (b) Posisi *runner*

Pada penelitian ini pengujian eksperimental dilakukan pada sistem instalasi turbin *vortex* seperti Gambar 2. Penelitian ini dilakukan pada model turbin *vortex* dengan spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Digunakan *runner* turbin sudu *semi twisted curve* dengan sudut sudu 40°, 60° dan 80°
- 2) Posisi *runner* yaitu 0 cm diukur dari dasar saluran air menuju *basin*
- 3) Diameter luar sudu turbin 24 cm, jumlah sudu 5
- 4) Diameter *basin* 60 cm
- 5) Diameter saluran keluar air 7,5 cm
- 6) Tinggi *basin* 53 cm
- 7) Menggunakan pompa untuk mengalirkan air dengan kapasitas 0,006 m<sup>3</sup>/dt



Gambar 2. Sistem instalasi pengujian sistem turbin vortex

Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air dari bak penampungan menggunakan pompa air melalui pipa menuju saluran air kemudian dialirkan ke dalam *basin*, aliran *vortex* yang terjadi dalam *basin* akan memutar sudu turbin. Puli yang terpasang pada poros turbin dipasang sistem *prony brake* dimana sebuah tali dihubungkan dengan dua neraca yang terpasang pada ujungnya. Pembebanan dilakukan pada neraca untuk mendapatkan putaran tertentu, kemudian data hasil pengujian diolah untuk menghitung nilai torsi, daya dan efisiensi turbin yang dihasilkan.

Daya input dihitung dengan persamaan (1) berikut :

$$P_{in} = \gamma \times Q \times H_v \tag{1}$$

Dimana :

- $P_{in}$  = Daya input yang tersedia (Watt)
- $Q$  = Kapasitas aliran air ( $m^3/det$ )
- $H_v$  = Head vortex (m)
- $\gamma$  = Berat jenis air ( $9.800 N/m^3$ )

Torsi poros dihitung menggunakan persamaan (2) berikut :

$$T = (F_1 - F_2) \cdot r = (m_1 - m_2) \cdot g \cdot r \tag{2}$$

Dimana :

- $F_1, F_2$  = gaya-gaya pada sabuk/belt pada alat torsi (N)
- $m_1, m_2$  = massa beban pada *prony brake* (kg)
- $g$  = percepatan gravitasi bumi ( $m/det^2$ )
- $r$  = jari-jari puli (m)

Daya *output* turbin dihitung menggunakan persamaan (3) berikut :

$$P_s = T \cdot \omega = T \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60} \tag{3}$$

Dimana :

- $P_s$  = Daya output turbin (Watt)
- $T$  = Torsi (Nm)
- $\omega$  = Kecepatan sudut (rad/det)
- $n$  = Putaran poros (rpm)

Efisiensi ( $\eta_t$ ) turbin dihitung menggunakan persamaan (4) berikut :

$$\eta_t = \frac{P_s}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

$P_s$  = Daya output turbin (Watt)

$P_{in}$  = Daya input turbin (Watt)

### 3) HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Data Hasil Pengujian

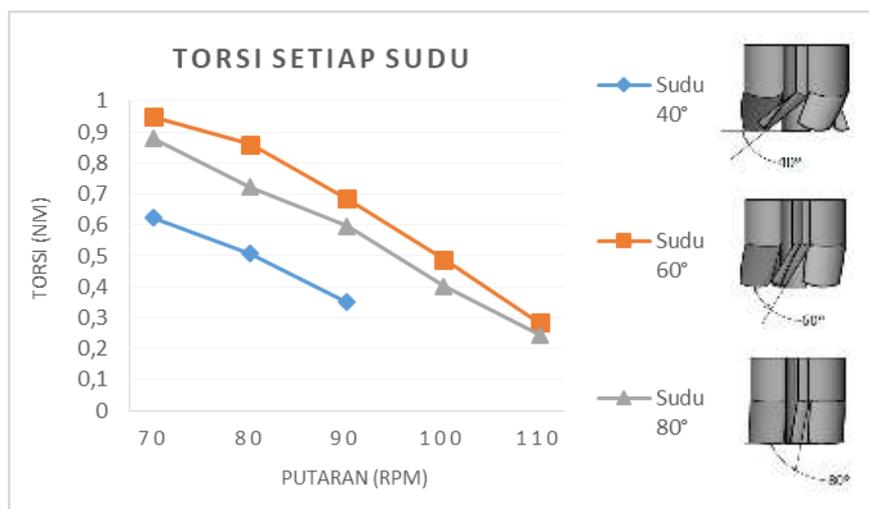
Pada pengujian digunakan pompa air irigasi untuk mensirkulasikan air dari bak penampungan menuju *basin*, debit air yang digunakan adalah 0,006 m<sup>3</sup>/dt. *Head vortex* terukur adalah 0,43 m.

Dari hasil pengujian, didapat putaran turbin maksimum tanpa pembebanan sampai 150 rpm. Selanjutnya untuk perhitungan torsi, daya dan efisiensi dilakukan pengujian dengan pembebanan pada putaran 70 rpm – 110 rpm.

#### 3.2. Pengolahan data

##### 1). Torsi

Torsi turbin pada masing-masing sudu dapat ditampilkan pada Gambar 3.

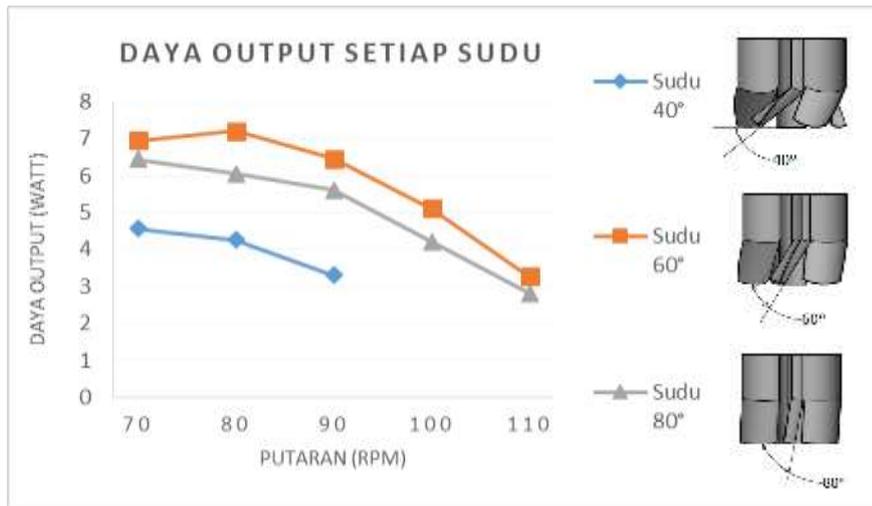


Gambar 3. Grafik pengaruh putaran terhadap torsi poros turbin pada masing-masing sudu

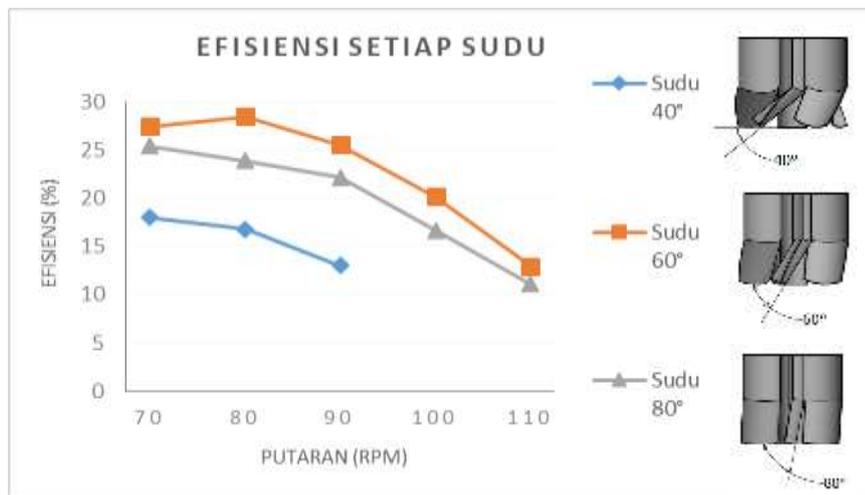
Gambar 3. menunjukkan bahwa pembebanan mengakibatkan perubahan putaran dan torsi turbin. Pembebanan yang semakin besar memberikan nilai putaran turbin yang semakin kecil dan torsi yang semakin meningkat. Dapat dilihat bahwa sudu 60° menghasilkan torsi paling besar yaitu 0,949 Nm. Selanjutnya disusul sudu 80° yaitu sebesar 0,878 Nm, dan torsi terkecil dihasilkan turbin sudu 40°. Nilai torsi tertinggi pada masing-masing sudu dihasilkan pada putaran 70 rpm.

##### 2). Daya output dan efisiensi

Daya *output* dan efisiensi turbin pada masing-masing sudu dapat ditampilkan pada Gambar 4. dan 5.



Gambar 4. Grafik pengaruh putaran terhadap daya *output* turbin pada masing-masing sudu



Gambar 5. Grafik pengaruh putaran terhadap efisiensi turbin pada masing-masing sudu

Gambar 4 dan 5 menunjukkan daya dan efisiensi turbin meningkat seiring berkurangnya putaran karena diberikan pembebanan. Pada grafik ditunjukkan trend daya dan efisiensi sudu 40° dan 80° adalah sama. Sedangkan daya dan efisiensi turbin sudu 60° meningkat dari 110 rpm sampai dengan 80 rpm, selanjutnya ketika beban ditambah lagi untuk mencapai putaran 70 rpm daya dan efisiensi turun, namun tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan pada putaran tersebut perubahan nilai torsi yang terjadi tidak terlalu besar sehingga pada perhitungan daya dan efisiensi menjadi lebih kecil. Pada putaran turbin dibawah 70 rpm daya dan efisiensi tidak dapat dihitung karena turbin sudah berhenti berputar.

Dari hasil perhitungan didapat daya dan efisiensi tertinggi dihasilkan turbin dengan sudu 60° yaitu sebesar 7,21 watt dan 28,47% pada putaran 80 rpm. Selanjutnya disusul urutan kedua dihasilkan sudu 80° yaitu sebesar 6,43 watt dan 25,41% pada putaran 70 rpm. Yang menghasilkan daya dan efisiensi paling kecil adalah sudu 40°.

### 3.2. Pembahasan

Secara keseluruhan dapat dilihat *trend* daya dan efisiensi tertinggi yang dihasilkan turbin terjadi pada putaran rendah dari *range* putaran yang diuji. Artinya pada putaran tinggi turbin tidak akan dapat memberikan nilai optimal karena energi pusaran air yang membentur sudu turbin akan lebih cepat membentur sudu pada susunan berikutnya sebelum fluida kerja dapat masuk maksimal pada ruang antar sudunya. sehingga mempengaruhi besarnya torsi dan daya poros, akibatnya efisiensi kincirpun mengalami penurunan. Dibandingkan pada putaran yang lebih rendah akan memberikan kesempatan fluida kerja masuk secara maksimal diantara ruang antar sudunya. Sehingga akan memberikan energi yang lebih besar. Dari hasil penelitian didapat sudu *semi twisted curve* 60° yang menghasilkan daya dan efisiensi tertinggi. Jika dilihat dari sudut tekukan sudu, sudu 60° tidak terlalu ekstrim jika dibandingkan dengan sudu 40° dimana aliran *vortex* fluida akan lebih terhambat dalam ruang antar sudu karena tekukan sudu yang sudah mendekati tegak lurus sumbu vertikal *runner* yang akan memberikan efek pengereman sehingga mempengaruhi putaran dan kinerja turbin yang dihasilkan. Sedangkan sudu 80° juga tidak memberikan hasil yang optimal karena dengan tekukan sudu yang mendekati sejajar sumbu vertikal *runner*, fluida akan lebih cepat jatuh sebelum mampu memutar *runner* secara maksimal sehingga mempengaruhi nilai daya dan efisiensi yang dihasilkan.

### 4) SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa daya dan efisiensi tertinggi turbin *vortex* dengan sudu *semi twisted curve* dihasilkan turbin sudu 60° yaitu sebesar 7,21 watt dan 28,47% pada putaran 80 rpm. Dengan demikian dapat direkomendasikan untuk model sistem turbin *vortex* seperti pada penelitian ini dengan menggunakan model sudu *semi twisted curve* adalah sudu dengan sudut 60°.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. M. Wardhana, A. Santoso, A.R. Ramdani, "Analysis of Gottingen 428 Airfoil Turbine Propeller Design with CFD Method on Gravitational Water Vortex Power Plant", *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 3(3):69-77, 2019.
- [2] S. Dhakal, A.B. Timilsina, R. Dhakal, D. Fuyal, T.R. Bajracharya, H.P. Pandit, N. Amatya, A.M. Nakarmi, "Comparison of cylindrical and conical basins with optimum position of runner : Gravitational water vortex power plant", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier, 2015.
- [3] O.B. Yaakob, Y. M. Ahmed, A.H. Elbatran, and H.M. Shabara, "A Review on Micro Hydro Gravitational Vortex Power and Turbine Systems", *Jurnal Teknologi*, 69:pp. 1-7, 2014.
- [4] Haryadi, A.M. Subarjah, and Sugianto, "Experimental Study on 3D Vortex Gravitational Turbine Runner", *AIP Conference Proceedings*, Published Online : 16 November 2020.
- [5] R. Dhakal, T.R. Bajracharya, S.R. Shakya, B. Kumal, S. Williamson, K. Khanal, S. Gautam, & D.P. Ghale, "Computational and experimental investigation of runner for gravitational water vortex power plant", In *2017 IEEE 6th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA 2017) : Proceedings of a meeting held 5-8 November 2017, San Diego, California, USA (pp. 365-373)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).