



# NOZEL

## Jurnal Pendidikan Teknik Mesin

Jurnal Homepage: <https://jurnal.uns.ac.id/nozel>



### UJI EKSPERIMEN PENGARUH JUMLAH SUDU DAN DEBIT TERHADAP DAYA DAN EFISIENSI TURBIN AIR TIPE VORTEX

Miftakhul Na'im Kurniawan<sup>1\*</sup>, Yuyun Estriyanto<sup>1</sup>, Dinar Susilo Wijayanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Sebelas Maret  
Kampus V UNS Pabelan Jl. Ahmad Yani Nomor 200, Surakarta  
Email : [miftakhulnaim05@student.uns.ac.id](mailto:miftakhulnaim05@student.uns.ac.id)

#### Abstract

*The electrification ratio in Indonesia is currently still 87%. This means that there are still 8.5 million residents or the equivalent of 2500 villages that have not received electricity. Indonesia has a lot of potential for renewable energy such as water energy. 7 GW capacity from renewable energy, 66% of which comes from hydropower. The manufacture of pico-hydro scale power plants can be a cheap alternative. Pico-hydro can be applied to irrigation canals so that it can produce small-scale electrical energy. One type of water turbine that can be utilized is a vortex type water turbine. The study used experimental methods. The independent variables are variations in the number of blades 2, 4, and 6 and the distance between the blades and the outlet is 1 cm. The dependent variable of the research is the power and efficiency produced by the vortex water turbine. The data analysis technique in this study used quantitative descriptive analysis techniques. The basin used is a conical basin type with the upper diameter is 40 cm, the lower/oulet diameter is 6.5 cm, and the height is 32 cm. The water discharge in this test has 7 variations, that is 1,12 l/s, 1,26 l/s, 1,54 l/s, 1,68 l/s, 1,82 l/s, 1,96 l/s, and 2,11 l/s. This test produced the highest electrical output power of 9.66 Watts, at a total of 2 blades, the discharge is 1,86 l/s. At the number of blades 6 at a discharge of 1.96 l/d is the highest efficiency value of 6.3%.*

**Keywords:** vortex type water turbine, number of blades, output power, efficiency

#### A. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia mengalami peningkatan di setiap tahunnya. Menurut data dari Kementerian ESDM pada siaran pers no. 286.Pers/04/DJI/2020 menyebutkan bahwa

kebutuhan listrik di Indonesia pada Juni 2020 mencapai 71 GW naik 1,3% dari tahun 2019 (Agung, 2020). Permintaan kebutuhan listrik pada tahun 2050 diperkirakan akan didominasi oleh sektor rumah tangga, kemudian diikuti sektor

NOZEL, Volume 06 Nomor 04, November 2024, 246 – 259  
DOI : <https://doi.org/10.20961/nozel.v6i4.62763>

industri dan komersial (Siswanto, 2019). Hal ini membuat kebutuhan konsumen lebih banyak daripada daya yang disediakan, pada akhirnya PLN akan melakukan pemadaman bergilir (Alipan, 2018).

Sementara itu, rasio elektrifikasi Indonesia saat ini adalah 87%. Berarti masih ada 8,5 juta penduduk Indonesia dimana hal tersebut setara dengan 2500 desa yang belum mendapatkan aliran listrik (Eko, 2015 dalam Sandro & Rangkuti, 2016). Penggunaan bahan bakar fosil dikelola oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN), namun PLN belum bisa menghantarkan listrik ke daerah-daerah terpencil (Wibowo et al., 2021). Penggunaan energi fosil yang dilakukan terus-menerus akan membuat cadangan energi fosil akan menipis, untuk mencegahnya maka Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi alternatif terbaik (Lubis, 2007). Adanya perubahan iklim yang tidak beraturan serta keadaan bumi yang memburuk akan membuat suatu negara berusaha mencari sumber energi yang lain, sehingga membuat EBT menjadi solusi. (Syafitri & Permatasari, 2018). Indonesia memiliki banyak potensi energi baru untuk menggantikan energi tidak terbarukan (Agung Silitonga et al., 2016).

NOZEL, Volume 06 Nomor 04, November 2024, 246 – 259  
DOI : <https://doi.org/10.20961/nozel.v6i4.62763>

Air merupakan sumber energi yang dapat diperbarui serta dapat dikembangkan sebagai EBT (Amali et al., 2021). Namun, saat ini pemanfaatan air pada sumber energi tekanan rendah sangat minim (Koten & Thioritz, 2017). Adanya sumber daya air yang melimpah di Indonesia memberikan peluang untuk dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) (Saparudin et al., 2019). Saat ini perkembangan turbin air skala *pico-hydro* kurang dikenal, padahal pembangkit listrik skala *pico-hydro* dapat digunakan sebagai pembangkit listrik yang lebih murah (Syarifudin et al., 2015).

*Pico-hydro* sebagai salah satu pembangkit listrik dapat menghasilkan daya kurang dari 5 Watt (Amali et al., 2021). Saat ini pembangkit listrik skala *Pico-hydro* kurang dikenal masyarakat, padahal dapat diaplikasikan pada saluran irigasi (Ardana & Jasa, 2016). Saluran irigasi memiliki potensi sumber daya air yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga air (Pranoto et al., 2018). Turbin *vortex* merupakan salah satu contoh dari turbin reaksi pada klasifikasi turbin air, bersama dengan turbin *Kaplan* dan turbin *Francis* (Gibran et al., 2017).

Kajian sebelumnya tentang variasi jumlah sudu turbin *vortex* 6 sudu, 8 sudu,

dan 10 sudu turbin. Penelitian tersebut menghasilkan pengaruh dari variasi jumlah sudu turbin pada turbin *vortex*, dimana pada sudu turbin berjumlah 8 menghasilkan daya puncak sebesar 21,8 Watt dengan debit air 8,91/s pada 25.000 gram serta efisiensi 44,3% dengan debit air yang sama dengan muatan 2.000 gram (Randy,2018 dalam M. F. R. Hakim & Adiwibowo, 2018). Penelitian lain juga pernah dilakukan dengan menggunakan variasi jumlah sudu 3,4,5 dan 6 bilah. Hasil yang diperoleh pada penelitian tersebut ialah pada aliran air 2,1 l/d, daya mekanik tertinggi diperoleh turbin dengan jumlah sudu empat buah dengan sudut 30° (Suwoto et al., 2014).

Dari uraian diatas peneliti tertarik untuk meneliti adanya pengaruh dari jumlah sudu dan debit air terhadap daya dan efisiensi turbin air tipe *vortex*.

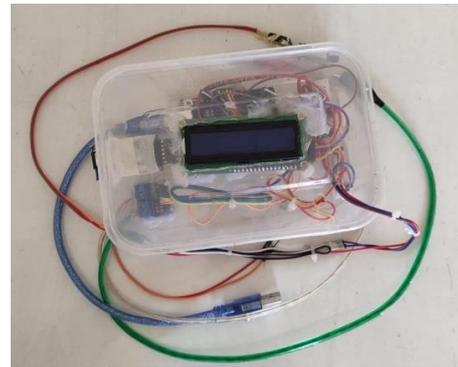
## B. METODE

Penelitian ini dilakukan bulan Februari – Juni 2022. Metode dalam melaksanakan penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Sampel pada penelitian ini adalah turbin air tipe *vortex*. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah purposive sampling. Metode pengumpulan

data yang digunakan pada penelitian ini adalah pengukuan dan perhitungan. Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis deskriptif kuantitatif.

### 1. Alat Penelitian

#### a. Multimeter Berbasis Arduino



Gambar 1 Multimeter Berbasis Arduino

*Multimeter* berbasis *arduino* adalah instrumen yang dipakai pada penelitian yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan. Ketelitian dari alat *multimeter* ini adalah dua angka di belakang koma. *Multimeter* berbasis *arduino* ini dapat membaca tegangan di atas 5V.

#### b. *Tachometer* Digital



Gambar 2 Tachometer Digital  
Tachometer merupakan alat yang berfungsi mengukur putaran rotor turbin air. Tachometer ini memiliki ketelitian 0,1 rpm. Selain itu, tachometer juga memiliki range pengukuran 2 s/d 20.000 rpm.

c. Neraca Gantung Digital



Gambar 3 Neraca Gantung Digital  
Neraca Gantung Digital berfungsi untuk mengukur momen torsi yang dihasilkan poros. Cara menggunakannya dengan

melingkarkan tali pada poros lalu diikatkan dengan pegas neraca. Neraca digital gantung yang digunakan memiliki spesifikasi maksimal 50 kg. Alat ini memiliki ketelitian 10 gram.

d. Flowmeter Digital



Gambar 4 Flowmeter Digital  
Flowmeter digital merupakan instrumen yang berfungsi untuk mengukur debit air. Flowmeter digital digunakan untuk mengukur debit air yang masuk pada lintasan. Flowmeter digital mempunyai kapasitas maksimal 100 l/m dengan ketelitian dua angka dibelakang koma.

e. Generator

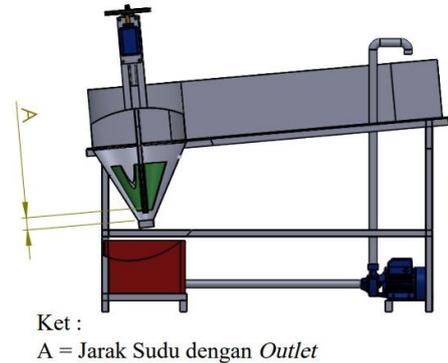


Gambar 5 Generator  
Generator merupakan alat yang berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi listrik. Poros pada generator akan dihubungkan

pada poros *blade*. Besar atau tidaknya daya listrik yang dihasilkan generator akan bergantung pada putaran poros *blade*. Generator yang digunakan mempunyai spesifikasi 220V, arus DC dengan putaran kecepatan generator maksimal 3400 rpm.

## 2. Bahan Penelitian

- a. Turbin Air *Vortex* dengan Jarak Sudu dengan *Outlet* sebesar 1 cm



Gambar 7 Turbin Air *Vortex*

- b. Bilah Turbin yang Dibuat menggunakan 3D dengan Bahan PLA.

- f. Busur Derajat



Gambar 6 Busur Derajat

Penggunaan busur derajat mengukur besar sudut kemiringan pada rangka turbin air *vortex*. Spesifikasi pada busur derajat dengan *range* pengukuran  $0^{\circ}$  s.d  $180^{\circ}$ , busur derajat memiliki ketelitian hanya angka satuan. Busur derajat berfungsi sebagai penentuan bukaan keran *bypass*.



Gambar 8 Turbin 2 Bilah



Gambar 9 Turbin 4 Bilah



Gambar 10 Turbin 6 Bilah

### 3. Sistem Koversi Energi

#### a. Debit (Q)

Debit merupakan banyaknya air yang mengalir dalam satu satuan waktu. Untuk menghitung debit dapat dilakukan dengan rumus : (Syuhud et al., 2020)

$$Q = \frac{V}{t}$$

dimana:

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)

V = volume wadah (m<sup>3</sup>)

t = waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi wadah (s)

#### b. Daya Listrik (P<sub>e</sub>)

Daya listrik adalah produk dari kuat arus (A) dan tegangan (V) setelah mengalami pembebanan yang dapat dirumuskan sebagai berikut ini : (Fernando & Asral, 2017)

$$P_e = V \times I$$

dimana :

P<sub>e</sub> = daya *output* listrik (Watt)

V = tegangan listrik (Volt)

I = kuat arus listrik (ampere)

#### c. Torsi

Torsi dapat dirumuskan sebagai berikut : (Utomo et al., 2020)

$$\tau = F \cdot r$$

dimana :

τ = torsi (Nm)

F = gaya pada poros (N)

r = jari-jari poros (m)

#### d. Daya Masuk Fluida (P<sub>i</sub>)

Daya masuk fluida merupakan daya yang ada dalam aliran air. Daya tersebut hasil keluaran *deflector*, lalu masuk untuk menggerakkan sudu. Nilai daya masuk fluida ini dapat dipengaruhi oleh ketinggian *head* (H) dan debit aliran air (Q). Rumus daya masuk fluida sebagai berikut : (Mafruddin & Marsuki, 2017)

$$P_i = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q$$

dimana :

P<sub>i</sub> = daya masuk fluida (W)

ρ = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = gaya gravitasi ( $m/s^2$ )

$H$  = ketinggian (m)

$Q$  = debit air ( $m^3/s$ )

**e. Daya Turbin ( $P_t$ )**

Daya turbin adalah daya yang dihasilkan oleh turbin pasca terjadinya pusaran air, rumus dari daya turbin sebagai berikut : (Syuhud et al., 2020)

$$P_t = \frac{2\pi \cdot N \cdot \tau}{60}$$

dimana :

$P_t$  = daya turbin (watt)

$\tau$  = torsi (Nm)

$N$  = putaran poros (rpm)

**f. Efisiensi ( $\eta$ )**

Efisiensi turbin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini : (Maulana & Adiwibowo, 2019)

$$\eta = \frac{P_t}{P_i} \cdot 100\%$$

dimana :

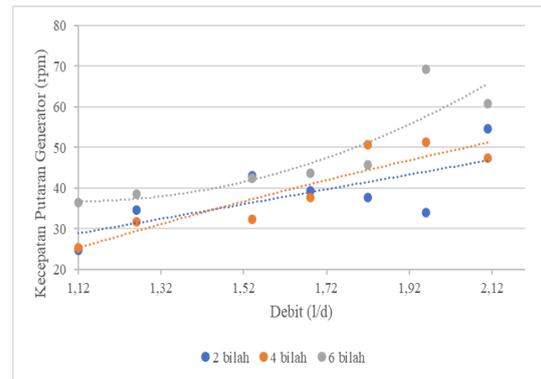
$\eta$  = efisiensi turbin

$P_t$  = daya turbin (watt)

$P_i$  = daya masuk fluida (watt)

## C. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Kecepatan Putaran Generator



Gambar 11 Grafik Pengaruh Jumlah Sudu dan Debit terhadap Kecepatan Putaran Generator

Gambar 11 menunjukkan pengaruh jumlah sudu dan debit terhadap kecepatan putaran generator. Pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran generator tertinggi diraih oleh bilah 6 dengan kecepatan putaran generator sebesar 69,3 rpm. Kecepatan putaran generator. Perlakuan debit yang berbeda pada setiap variasi menghasilkan kecepatan putaran generator yang fluktuatif. Jumlah sudu dan debit yang digunakan mempengaruhi kecepatan putaran generator yang dihasilkan. Kecepatan putaran generator terendah dihasilkan oleh bilah 2 pada debit 1,12 l/d.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan jika jumlah sudu yang digunakan semakin banyak maka kecepatan putaran generator juga

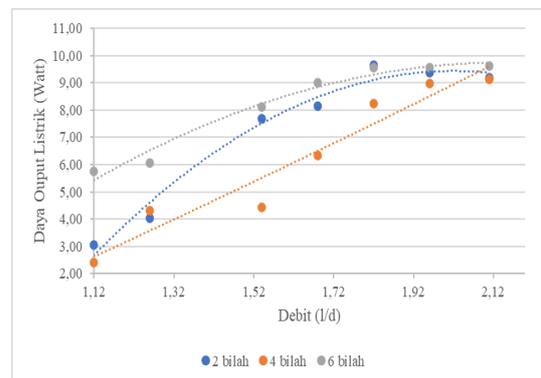
meningkat. Hal tersebut terjadi karena bilah yang mendorong poros untuk berputar juga semakin banyak. Variasi 2 bilah sudu menghasilkan data yang tidak begitu stabil. Penyebabnya karena bilah yang digunakan hanya 2 maka kecepatan dari poros juga tidak stabil, jika pada saat air yang keluar dari *inlet* mengenai bilah otomatis kecepatan putaran generator akan lebih cepat. Namun jika air tidak mengenai bilah maka kecepatan putaran generator akan menurun.

Serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Farisi et al. (2019) berkaitan dengan jumlah sudu yang digunakan, yakni 6 bilah, 8 bilah, dan 10 bilah, Variasi 6 bilah mampu menghasilkan kecepatan putaran generator 1744,58 rpm. Variasi 8 bilah mampu menghasilkan 1761,54 rpm dan pada variasi 10 bilah tercatat 1790,74 rpm.

Penelitian yang dilakukan oleh Rachmanto et al. (2019), menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara jumlah sudu dengan kecepatan putaran generator. Hubungan tersebut dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya jumlah sudu maka semakin tinggi putaran pada setiap debit alirannya. Penelitian

tersebut menggunakan variasi 7 bilah, 8 bilah, 9 bilah, dan 10 bilah. Variasi 10 bilah mengalami penurunan putaran. Penggunaan variasi debit menunjukkan bahwa semakin tinggi debit yang digunakan maka putaran yang dihasilkan juga meningkat. Pada debit 10 l/d menghasilkan putaran tertinggi yakni 79,1 rpm.

## 2. Daya Output Listrik



Gambar 12 Pengaruh Jumlah Sudu dan Debit terhadap Daya Output Listrik

Gambar 12 menunjukkan pengaruh jumlah sudu dan debit terhadap daya *output* listrik yang dihasilkan turbin air *vortex*. Pengujian menunjukkan bahwa daya *output* listrik yang dapat diraih adalah 9,66 Watt. Daya tersebut diperoleh pada jumlah sudu 2 dan debit 1,82 l/d. Sementara itu, pada bilah 4 daya *output* terbesar adalah 9,13 Watt, pada debit 2,11 l/d. Bilah 6 menghasilkan daya terbesar sebesar

9,63 Watt, pada debit 2,11 l/d. Penggunaan debit yang berbeda pada setiap variasi juga menghasilkan data yang fluktuatif.

Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa terdapat pengaruh dari adanya jumlah sudu dengan daya *output* listrik yang dihasilkan dari turbin air *vortex*. Daya tertinggi diraih pada variasi 2 bilah dengan daya 9,66 Watt. Daya *output* listrik pada variasi 4 bilah lebih kecil dibandingkan variasi 2 bilah. Namun variasi 4 dan 6 bilah memiliki daya *output* listrik yang lebih stabil. Keadaan tersebut dapat terjadi karena variasi 2 bilah yang hanya memiliki bilah membuat putaran generator tidak stabil sehingga jika air dari *inlet* membentur bilah maka tegangan dan arus akan melonjak. Bila air dari *inlet* tidak menabrak maka tegangan dan arus akan menurun. Debit yang sama menghasilkan daya yang menurun pada bilah 4 namun meningkat pada bilah 6.

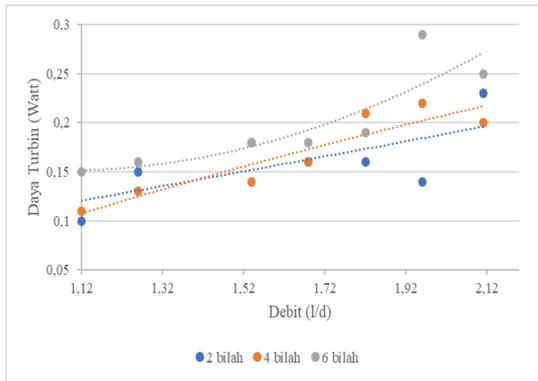
Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Komaruddin et al. (2020) daya listrik yang dihasilkan oleh 4 bilah sudu adalah 1,62 Watt,

sedangkan daya yang dihasilkan oleh 6 bilah sudu adalah 2,16 Watt. Hal tersebut menunjukkan adanya penambahan daya pada setiap penambahan jumlah sudu.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Faizal (2021), berakaitan pengaruh jumlah sudu terhadap daya output listrik. Variasi yang digunakan adalah 2 bilah, 4 bilah, dan 6 bilah. Daya output listrik tertinggi diraih oleh bilah 4 dengan daya output listrik sebesar 9,72 Watt. Debit yang digunakan pada penelitian tersebut adalah 6,34 l/d.

Penelitian serupa yang dilakukan Rinanda & Permatasari (2018), dimana penelitian tersebut menggunakan analisa fluida dengan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah sudu yang digunakan maka daya output yang dihasilkan semakin besar.

### **3. Daya Turbin**



Gambar 13 Pengaruh Jumlah Sudu dan Debit terhadap Daya Turbin

Gambar 13 menunjukkan pengaruh jumlah sudu dan debit air terhadap daya turbin yang dihasilkan turbin air tipe *vortex*. Daya turbin tertinggi yang dapat diperoleh adalah 0,29 Watt. Data tersebut terletak pada jumlah bilah sudu 6 dan debit air 1,96 l/d. Daya turbin terkecil adalah 0,1 Watt. Data tersebut terletak pada jumlah sudu 2 serta pada debit 1,12 l/d.

Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan adanya pengaruh dari jumlah sudu dan debit yang digunakan terhadap daya turbin yang dihasilkan. Daya turbin ini juga dipengaruhi oleh kecepatan putaran generator. Terlihat pada data yang telah disajikan bahwa semakin banyak jumlah sudu yang digunakan maka daya turbin juga meningkat. Daya turbin tertinggi terdapat pada variasi 6 bilah. Variasi 2

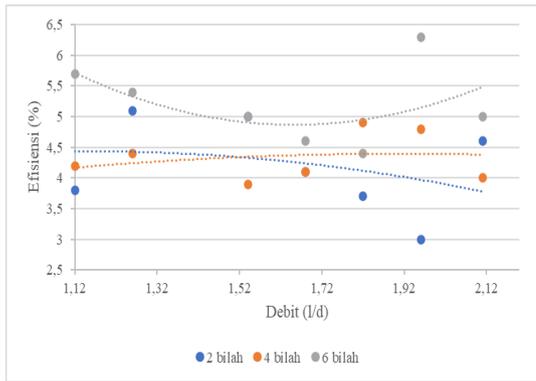
tidak stabil pada setiap debit yang digunakan. Hal itu berkenaan dengan kecepatan putaran generator pada variasi 2 bilah yang tidak stabil sehingga juga berpengaruh pada daya turbin yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh Farisi et al. (2019) menggunakan variasi jumlah sudu 10 bilah, 8 bilah dan 6 bilah. Hasil dari pengujian juga menunjukkan bahwa variasi 10 bilah menghasilkan daya turbin terbesar yakni 19,58 W. Kapasitas debit air yang digunakan pada penelitian tersebut adalah 10,14 l/d.

Menurut penelitian yang dilakukan Rachmanto et al. (2019) membuktikan bahwa terdapat pengaruh jumlah sudu terhadap daya turbin yang dihasilkan. Apabila jumlah sudu bertambah maka daya turbin yang dihasilkan juga meningkat, namun pada bilah 10 mengalami penurunan. Selain itu, bila debit yang digunakan semakin besar maka daya turbin yang dihasilkan juga besar. Terdapat perbedaan pada bilah 10, yakni ada penurunan daya debit.

bilah menghasilkan daya turbin yang

#### 4. Efisiensi Turbin



Gambar 14 Pengaruh Jumlah Sudu dan Debit terhadap Efisiensi Turbin

Gambar 14 menunjukkan pengaruh jumlah sudu dan debit air yang digunakan terhadap efisiensi turbin air tipe *vortex*. Hasil pengujian menunjukkan efisiensi tertinggi sebesar 6,3 %. Data tersebut terletak pada jumlah sudu 6 dan debit air 1,96 l/d. Efisiensi terkecil yang diperoleh adalah 3 %. Data tersebut terletak pada bilah 2 dengan debit 1,96 l/d. Penggunaan debit yang berbeda pada setiap variasi menghasilkan data yang fluktuatif.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terdapat pengaruh dari jumlah sudu dan debit terhadap efisiensi dari turbin air *vortex*. Efisiensi akan semakin meningkat seiring dengan penambahan sudu. Variasi 6 bilah memiliki efisiensi terbaik pada pengujian yang

dilakukan. Variasi 4 bilah sudu juga lebih besar dibandingkan dengan variasi 2 bilah sudu. Efisiensi ini juga berkaitan dengan daya turbin yang dihasilkan. Berkaitan dengan daya turbin setiap variasi maka kecepatan putaran generator juga mempengaruhi efisiensi turbin. Selain itu, debit juga mempengaruhi nilai efisiensi karena daya potensi tiap debit juga berbeda.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Farisi et al. (2019) efisiensi yang paling besar pada sudu 10 bilah dengan efisiensi sebesar 29,9%. Variasi tersebut juga menghasilkan daya sebesar 19,6 Watt, dengan debit air 10,1 l/d. Penelitian tersebut juga menggunakan variasi 8 sudu dan 6 sudu. Variasi 8 sudu mampu menghasilkan efisiensi 24,2% serta daya sebesar 15,8 Watt. Variasi 6 Sudu memperoleh efisiensi sebesar 22,3%. Masing-masing variasi tersebut menggunakan kapasitas debit air 10,1 l/d.

## 5. PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh jumlah

sudu dan debit yang digunakan terhadap daya dan efisiensi turbin air *vortex* maka dapat disimpulkan, terdapat pengaruh dari variasi jumlah sudu dan debit yang digunakan terhadap daya *output* listrik maupun efisiensi dari turbin air tipe *vortex*. Daya *output* listrik tertinggi pada jumlah sudu 2 dan debit 2,11 l/d. Daya *output* listrik yang dihasilkan adalah 9,66 Watt. Efisiensi terbesar diraih pada bilah 6 dengan debit 1,96 l/d. Efisiensi yang dapat diperoleh adalah 6,3 %.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Rachmanto, menunjukkan hubungan antara jumlah sudu dengan debit yang digunakan. Apabila jumlah sudu bertambah, maka efisiensi yang dihasilkan juga meningkat. Debit pada setiap variasi juga mempengaruhi efisiensi yang dihasilkan. Variasi 8 l/d, 9 l/d, 10 l/d, dan 11 l/d menunjukkan hasil bahwa efisiensi terbesar terletak pada debit 10 l/d dengan efisiensi sebesar 32,93 %.

## Saran

Penelitian selanjutnya terkait turbin air tipe *vortex* dapat diuji menggunakan variabel transmisi, tinggi sudu, jenis sudu, dan dimensi basin yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

Agung. (2020). *Hingga Juni 2020, Kapasitas Pembangkit di Indonesia 71 GW*. Esdm.Go.Id. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/hingga-juni-2020-kapasitas-pembangkit-di-indonesia-71-gw>

Agung Silitonga, J., Widodo, P., & Ahmad, I. (2016). Analisis Kebijakan Biodiesel B-20 sebagai Bahan Bakar Nabati dalam Mendukung Ketahanan Energi di Indonesia. *Jurnal Ketahanan Energi*, 6(1), 61–79. <http://139.255.245.7/index.php/KE/article/view/496/475>

Alipan, N. (2018). Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga *Pico-Hydro* dengan Memanfaatkan Alternator untuk Membantu Penerangan Jalan Seputaran Kebun Salak. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(2), 59–70. <https://doi.org/10.21831/jee.v2i2.22457>

Amali, L. M. K., Mohamad, Y., & Dajani, N. E. N. (2021). Pemanfaatan Sumber Daya Air sebagai Pembangkit Listrik Skala Pico untuk Menunjang Belajar, Kerja dan Berkarya. *Jurnal SIBERMAS (Sinergi Bersama Masyarakat)*, 10(1), 184–195.

Ardana, I. P., & Jasa, L. (2016). Pemanfaatan Saluran Irigasi untuk Pembangkit Piko Hidro di Dusun Pagi Penebel Tabanan. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 15(1), 75–78. <https://doi.org/10.24843/mite.1501.13>

Faizal, Y. N. (2021). *Pengaruh Variasi Jumlah Sudu dan Jarak Sudu dengan Saluran Keluar terhadap Daya Output Listrik Turbin Vortex*. Universitas Sebelas Maret.

Farisi, A. Al, Handoyo, Y., & Rokhman, T. (2019). Analisis Variasi Jumlah

- Sudu Turbin Berpenampang Pelat Datar pada Turbin Air Aliran Vortex dengan Tipe Saluran Masuk Involute. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 72–78.  
<https://doi.org/10.33558/jitm.v7i2.1917>
- Fernando, R., & Asral. (2017). Kaji Eksperimental Turbin Air Tipe *Undershot* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Dipasang Secara Seri pada Saluran Irigasi. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1.
- Gibran, Gultom, S., Lubis, Z., & G. Sembiring, P. (2017). Rancang Bangun Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran yang Menggunakan Sudu Diameter 46 cm pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu dan Saluran Keluar. *Jurnal Dinamis*, 5(2), 36–46.
- Hakim, M. F. R., & Adiwibowo, P. H. (2018). Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus dengan Variasi Tinggi Sudu. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(1), 85–95.
- Komaruddin, M., Basri, M. H., & Herlina, A. (2020). Pengaruh Bentuk Blade Turbin L dan S pada *Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP)* Berbasis Basin Silinder. *Cyclotron*, 3(2), 31–36.  
<https://doi.org/10.30651/cl.v3i2.4583>
- Koten, V. K., & Thioritz, S. (2017). Karakteristik Turbin Darrieus dengan dan tanpa Sudu Tetap pada Proses Pemanfaatan Aliran Air Tekanan Rendah Menjadi Energi Mekanik. *Jurnal Mekanikal*, 8(2), 742–751.  
<https://core.ac.uk/reader/298951330>
- Lubis, A. (2007). Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan. *Teknologi Lingkungan*, 8(2), 156–163.
- Mafruddin, & Marsuki. (2017). Pengaruh Bukaannya *Guide Vane* Terhadap Kinerja Turbin Pikohidro Tipe *Cross-Flow*. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1), 31–37.  
<https://doi.org/10.24127/trb.v6i1.464>
- Maulana, T., & Adiwibowo, P. H. (2019). Uji Eksperimental Kinerja Turbin Reaksi Aliran Vortex Tipe Sudu Berpenampang Lurus dengan Luas Optimum Sudu. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(3), 109–120.
- Pranoto, B., Aini, S. N., Soekarno, H., Zukhrufiyati, A., Rasyid, H. Al, & Lestari, S. (2018). Potensi Energi Mikrohidro di Daerah Irigasi (Studi Kasus di Wilayah Sungai Serayu Opak). *Jurnal Irigasi*, 12, 77–86.  
[http://jurnalirigasi\\_pusair.pu.go.id/index.php/jurnal\\_irigasi/article/view/202](http://jurnalirigasi_pusair.pu.go.id/index.php/jurnal_irigasi/article/view/202)
- Putra, S., & Ch, R. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Secara Mandiri untuk Rumah Tinggal. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 6(1), 23.4.  
[https://doi.org/ISSN\(E\):2540-7589](https://doi.org/ISSN(E):2540-7589)
- Rachmanto, T., Sahlan, M., & Nurpatricia. (2019). Pengaruh Variasi Jumlah Sudu terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Vortex. *Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik Mesin*, 9(1), 45–55.
- Rinanda, V., & Permatasari, R. (2018). Optimasi Desain Turbin Air Tipe Vortex dengan 5 Variasi Jumlah Sudu terhadap Efisiensi. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke 4 Tahun 2018 Buku 1: "Teknik, Kedokteran Hewan, Kesehatan, Lingkungan Dan Lanskap"*, 4, 785–790.  
<https://www.event.lemlit.trisakti.ac.id/semnas/article/view/3543>

- Saparudin, R. N., Jannati, E. D., & Budiman, H. (2019). Pengaruh Buka-an Sudu Pengarah terhadap Air Pada Turbin di PLTA Parakan Kondang. *Seminar Teknologi Majalengka 4.0*, 112–116. <https://prosiding.unma.ac.id/index.php/stima/article/view/249/244>
- Siswanto, D. (2019). *Outlook Energi Indonesia 2019*.
- Suwoto, G., Sunarwo, & Supriyo. (2014). Kajian Turbin Air Aliran Puser Skala *Pico* terhadap Variasi Jumlah Sudu dan Sudut Sudu. *Seminar Nasional Ke-9: Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi*, 269–274.
- Syafitri, N. F., & Permatasari, R. (2018). Analisis Profil Sudu Turbin Mikro Hidro Vortex untuk Mendapatkan Efisiensi Optimum. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 535–541. [http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail\\_koleksi/8/SKR/2014/00000000000000102045/0](http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/8/SKR/2014/00000000000000102045/0)
- Syarifudin, A., Hendri, & Asrullah. (2015). Pemanfaatan Saluran di Daerah Rawa Pasang Surut sebagai Pembangkit Listrik Pico-Hydro. *Pertemuan Ilmiah Tahunan HATHI XXXII, 1*, 153–157.
- Syuhud, M. A., Basri, M. H., & Indarto, B. (2020). Rancang Bangun Basin Silinder Berpenampang Lingkaran dengan Diameter 50 cm pada *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP). *ELEMEN Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 78–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.34128/je.v7i2.122>
- Utomo, M. B., Basri, M. H., & Hasan, F. (2020). Eksperimen Variasi Tabung Basin Silinder pada *Gravitation Water Vortex Power Plant* (GWVPP) Berbasis Basin Silinder. *Cyclotron*, NOZEL, Volume 06 Nomor 04, November 2024, 246 – 259