

# Kajian Pola Aliran Air Dalam Turbin *Vortex* Pada Variasi Ketinggian Posisi *Runner* Dengan *Tapper Angle Runner* 13 Derajat Dengan Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamics*

Ni Putu Rika Anindya Wahyuni, Made Suarda dan Made Sucipta  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Turbin vortex merupakan salah satu jenis turbin pembangkit mikrohidro dikarenakan tercatat dapat menghasilkan listrik tidak lebih dari 100 kW. Pengembangan dan penelitian terkait turbin vortex semakin hari semakin gencar dilakukan, salah satunya adalah pengembangan parameter desain basin dan runner. Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan software *Ansys Fluent* dengan memvariasikan tinggi posisi runner pada basin, dengan *tapper angle runner* 13°. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola aliran meliputi kontur kecepatan dan kontur tekanan dan performa turbin berupa torsi, daya output, dan efisiensi turbin vortex. Penelitian ini menggunakan debit aliran sebesar 10 L/s yang konstan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa nilai kontur kecepatan dan kontur tekanan berbanding terbalik, dimana nilai kecepatan berbanding lurus dengan penambahan ketinggian posisi runner, sedangkan kontur tekanan berbanding terbalik dengan penambahan ketinggian runner di basin. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada variasi ketinggian posisi runner 120 mm sebesar 12,28%

Kata kunci: turbin vortex, *Computational Fluid Dynamics*, tinggi posisi runner, performa turbin, pola aliran

## Abstract

The vortex turbine is one type of micro hydro turbine because it is recorded to produce electricity not more than 100 kW. Development and research related to vortex turbines are increasingly being carried out, one of which is the development of basin and runner design parameters. This research was conducted using the *Computational Fluid Dynamics (CFD)* simulation method using *Ansys Fluent* software by varying the height of the runner position in the basin, with a runner *tapper angle* of 13°. The purpose of this research is to determine the flow pattern including velocity contours and pressure contours and turbine performance in the form of torque, output power, and vortex turbine efficiency. This study uses a constant flow rate of 10 L/s. The simulation results show that the value of the velocity contour and pressure contour are inversely proportional, where the velocity value is directly proportional to the addition of the height of the runner position, while the pressure contour is inversely proportional to the addition of the runner height in the basin. The highest efficiency value is found in the 120 mm runner position height variation of 12.28%

Keywords: vortex turbine, *Computational Fluid Dynamics*, runner position height, turbine performance, flow pattern

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi dan pertumbuhan populasi manusia kebutuhan akan energi listrik juga semakin meningkat. Dengan demikian, banyak daerah terpencil tidak dapat diakses oleh jaringan listrik PLN, sehingga inovasi dalam memanfaatkan sumber daya alam menjadi sangat penting. Mikrohidro merupakan salah satu solusi potensial untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah dengan potensi air yang melimpah namun memiliki *head* rendah. Salah satu jenis turbin mikrohidro adalah turbin vortex, yang menggunakan pusaran air untuk menggerakkan sudu sehingga menghasilkan daya. Turbin ini memiliki keunggulan utama seperti biaya instalasi rendah, operasi sederhana, dan dampak lingkungan yang minimal. Namun, untuk meningkatkan efisiensinya, diperlukan penelitian lebih lanjut terkait parameter desain seperti

bentuk runner, sudut *tapper*, dan ketinggian posisi runner dalam basin.

Dalam hal ini beberapa masalah akan dibahas, yaitu:

1. Bagaimana fenomena aliran pada turbin vortex dengan *tapper angle runner* tertentu?
2. Bagaimana pengaruh ketinggian posisi runner terhadap performansi turbin vortex dengan *tapper angle* tertentu?

Batasan penelitian ini meliputi:

1. Simulasi *CFD* menggunakan aliran satu fasa dengan fluidanya adalah *water-liquid* (H<sub>2</sub>O).
2. Simulasi dilakukan pada kondisi *steady state*.
3. Jumlah sudu runner pada turbin vortex adalah lima.
4. *Tapper angle runner* sama dengan sudut *konis basin* yaitu 13 derajat.

## 2. Dasar Teori

1. **Prinsip Kerja Turbin Vortex**, turbin vortex bekerja dengan memanfaatkan aliran air berpusar yang dihasilkan dalam basin berbentuk konis. Pusaran ini menciptakan perbedaan tekanan yang memutar *runner*. Teknologi ini ideal untuk daerah dengan potensi mikrohidro karena biaya instalasinya rendah, desainnya sederhana, dan dampak lingkungannya minimal. Untuk menghitung daya air indikatif penggerak turbin maksimal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{air} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_v \quad (1)$$

Dimana  $P_{air}$  adalah daya air (Watt),  $\rho$  adalah massa jenis air ( $\text{Kg/m}^3$ ),  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ),  $Q$  adalah debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ ), dan  $H_v$  adalah tinggi *vortex* (m).

Untuk daya aktual yang dihasilkan oleh turbin *vortex* dapat dihitung menggunakan persamaan:

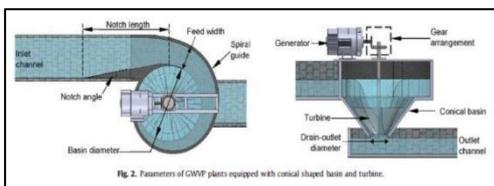
$$P_{shaft} = \tau \cdot \omega \quad (2)$$

Dimana  $P_{shaft}$  adalah daya dari *runner* turbin *vortex* (Watt),  $\tau$  adalah momen dari *runner* turbin *vortex* (Nm) dan  $\omega$  = Kecepatan sudu turbin dalam rpm (rad/s).

Selanjutnya untuk menghitung rumus efisiensi turbin *vortex* menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_{shaft}}{P_{air}} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana  $\eta$  adalah efisiensi turbin *vortex* (%),  $P_{shaft}$  adalah daya dari *runner* turbin *vortex* (Watt), dan  $P_{air}$  adalah daya air (Watt).



Gambar 1. Komponen turbin vortex

2. **Computational Fluid Dynamics (CFD)**, CFD merupakan metode numerik untuk menganalisis aliran fluida. Dalam penelitian ini, CFD digunakan untuk memodelkan pola aliran dalam turbin *vortex*, memungkinkan analisis kecepatan, tekanan, dan turbulensi dengan akurasi tinggi.
3. **Ansys Fluent**, digunakan untuk memodelkan aliran fluida dan menawarkan fleksibilitas

*mesh* dan memungkinkan untuk menyelesaikan masalah aliran. Dibuat dalam mode *solution*.

4. **Hidrolik Diameter**, Diameter *hidrolik* adalah ukuran yang digunakan untuk menghitung aliran fluida dalam sebuah pipa atau saluran *hidrolik*. Persamaan diameter *hidrolik* untuk persegi panjang yaitu:

$$D_h = \frac{4 \cdot a \cdot b}{2(a+b)} \quad (4)$$

Dimana  $D_h$  adalah diameter *hidrolik* (m),  $a$  adalah panjang (m), dan  $b$  adalah lebar (m).

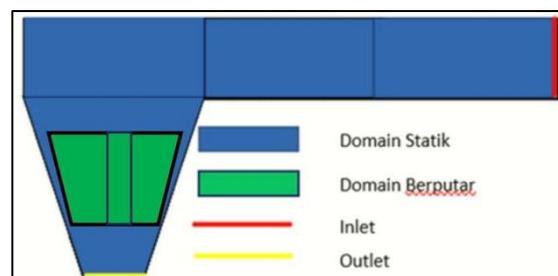
## 3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode simulasi numerik menggunakan perangkat lunak *Ansys Fluent*. Desain geometris *runner* dibuat menggunakan *Autodesk Inventor* dengan parameter utama sebagai berikut:

1. **Geometri Basin**: Berbentuk konis dengan tinggi 600 mm, diameter atas 400 mm, dan diameter bawah 130 mm. *Outlet* basin memiliki diameter 80 mm.
2. **Desain Runner**: *Runner* berbentuk konis dengan *tapper angle*  $13^\circ$ , diameter atas 254 mm, diameter tengah 240 mm, dan diameter bawah 205 mm.
3. **Variasi Ketinggian Runner**: Lima variasi ketinggian *runner* dari *inlet* basin, yaitu 120 mm, 140 mm, 160 mm, 160 mm, 180 mm, dan 200 mm.
4. **Parameter Simulasi**: Debit aliran dijaga konstan pada 10 L/s, dan model turbulensi menggunakan *SST k-omega*.

Tahapan simulasi meliputi:

1. Pembuatan geometri, pendefinisian model, dan meshing.



Gambar 2. Pendefinisian model turbin vortex

**Tabel 1. Parameter Meshing**

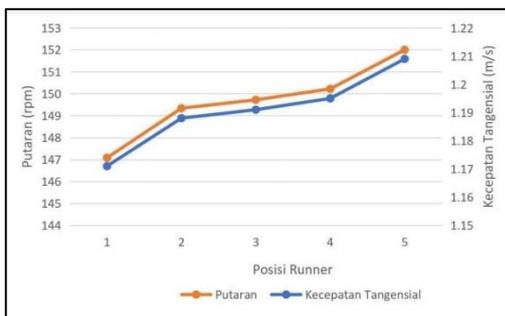
<i>Sizing method</i>	Global
<i>Buffer layers</i>	2 mm
<i>Pell layers</i>	1 mm
<i>Min cell length</i>	0,5 mm
<i>Max cell length</i>	32 mm

2. Pendefinisian properti fluida (massa jenis 998,2 kg/m<sup>3</sup> dan viskositas 0,001003 kg/m.s).
3. Penentuan *boundary conditions*: *mass flow inlet* 10 kg/s dan diameter hidrolis 0,2 m.
4. Simulasi aliran tanpa *runner* untuk memverifikasi pola aliran dasar.
5. Simulasi aliran dengan *runner* untuk menganalisis performa turbin.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

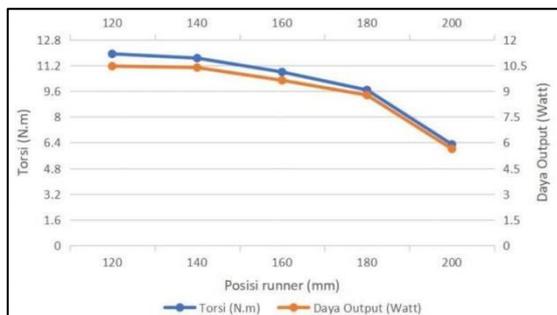
##### 4.1. Verifikasi pemodelan

Dari simulasi yang dilakukan didapatkan nilai tekanan, nilai rpm, torsi, daya *output* dan nilai efisiensi seperti pada grafik-grafik di bawah ini.



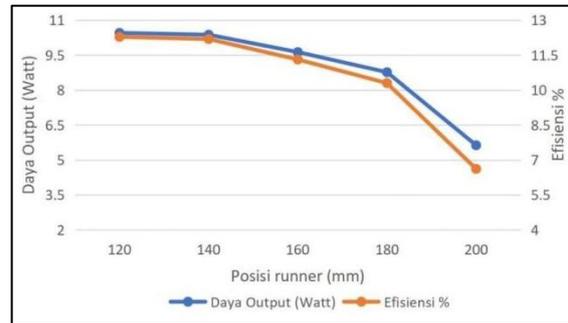
**Gambar 3. Perbandingan kecepatan tangensial dan nilai rpm setiap variasi tinggi posisi runner**

Dari grafik perbandingan kecepatan tangensial dan nilai rpm pada Gambar 1, terlihat bahwa tren meningkat seiring dengan penambahan tinggi posisi *runner*. Dimana nilai putaran tertinggi terdapat pada tinggi posisi *runner* 200 mm dari *inlet* basin.



**Gambar 4. Perbandingan nilai torsi dan daya output pada setiap variasi tinggi posisi runner**

Dari grafik perbandingan nilai torsi dan daya *output*, terlihat bahwa nilai torsi dan daya *output* menunjukkan penurunan seiring dengan penambahan tinggi posisi *runner* di basin.

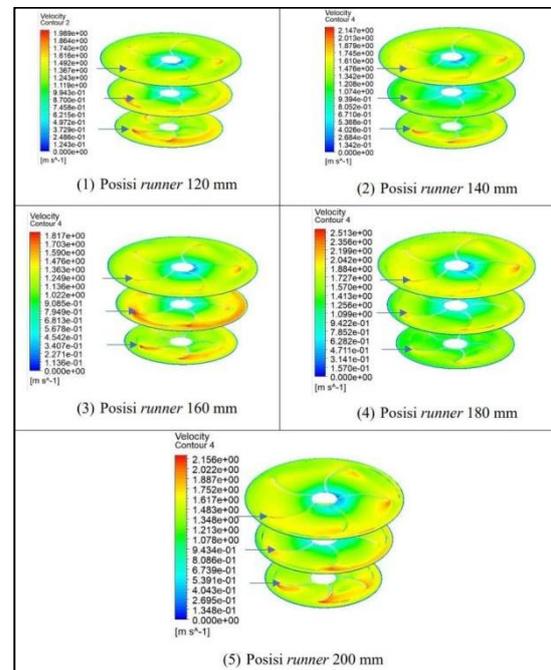


**Gambar 5. Perbandingan nilai efisiensi dan daya output pada setiap variasi tinggi posisi runner**

Dari grafik pada Gambar 3, terlihat tren yang cenderung menurun dimana efisiensi tertinggi ada pada variasi tinggi posisi *runner* 120 mm dan efisiensi terendah terdapat pada variasi tinggi posisi *runner* 200 mm.

##### 4.2. Fenomena aliran

Berdasarkan hasil simulasi didapatkan distribusi kecepatan (m/s), tekanan (Pa), dan *streamline*.



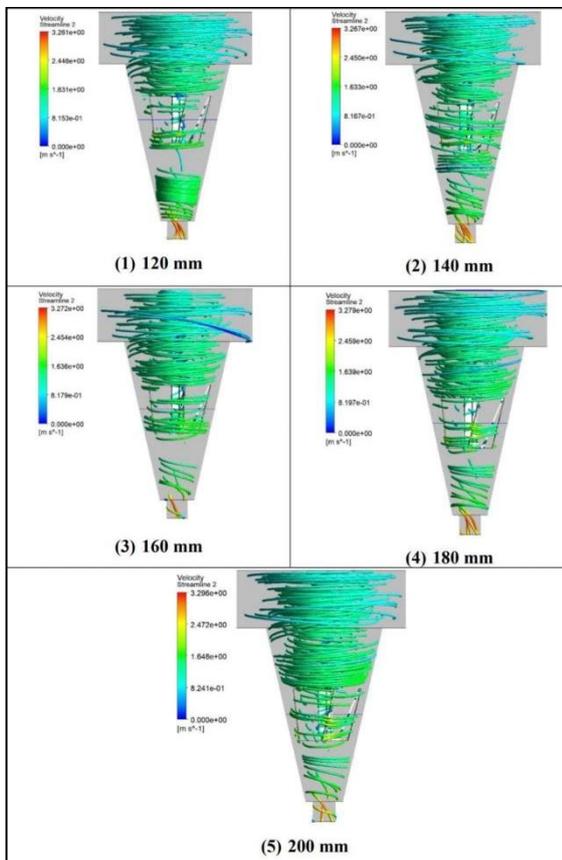
**Gambar 6. Perbedaan kontur kecepatan runner pada setiap variasi tinggi posisi runner**

Gambar 5 pada *plane 3* pada tiap variasi tinggi posisi *runner* menunjukkan, semakin bertambahnya variasi posisi tinggi *runner* pada basin nilai kontur kecepatan cenderung meningkat.

Sedangkan untuk distribusi tekanan menunjukkan perbedaan kontur tekanan pada *plane 3* di tiap variasi tinggi posisi *runner*. Dimana semakin bertambahnya variasi tinggi posisi *runner* pada basin menunjukkan nilai kontur tekanan semakin menurun, hal ini terjadi karena semakin meningkat kecepatan putaran pada *runner* maka tekanan akan semakin menurun seperti yang ditunjukkan Gambar 6.

Posisi <i>runner</i> (mm)	120	140	160	180	200
Profil					
Tekanan (Pa)	3845,69	3869,16	3865,99	3861,97	3790,49

**Gambar 7. Perbedaan kontur tekanan pada setiap variasi tinggi posisi *runner* pada basin**



**Gambar 8. Streamline pada setiap variasi tinggi posisi *runner* pada basin**

Dari gambar diatas menunjukkan fenomena yang terjadi yaitu posisi aliran *vortex* berbeda pada tiap ketinggian posisi *runner* di basin. Variasi ketinggian posisi *runner* 120 mm menunjukkan aliran *vortex* paling optimal yang terjadi pada basin. Putaran aliran *vortex* yang terjadi pada basin semakin cepat seiring dengan penambahan ketinggian posisi *runner* dari *inlet* basin ke *outlet* basin.

## 5. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa ketinggian posisi *runner* memiliki pengaruh signifikan terhadap performansi turbin *vortex*. Efisiensi tertinggi dicapai pada ketinggian *runner* 120 mm, yang menghasilkan torsi dan daya *output* optimal. Hasil ini memberikan panduan untuk desain dan pengoperasian turbin *vortex* yang lebih efisien. Studi lebih lanjut disarankan untuk mengeksplorasi pengaruh parameter lain seperti jumlah sudu dan geometri basin.

## Daftar Pustaka

- [1] Bajracharya, I.R., Shakya, S.R, Timilsina, A.B., Dhakal, J., Neupane, S., Gautam, A., & Sapkota, A. 2020. *Effects of Geometrical Parameters in Gravitational Water Vortex Turbines with Conical Basin*. *Journal of Renewable Energy*, Volume 2020, Article ID 5373784, 16 pages <https://doi.org/10.1155/2020/5373784>.
- [2] Dhakal, R., Nepal, A., Acharya, A., Kumal, B., Aryal, T., Williamson, S., Devkota, L. 2017. *Technical and economic prospects for the site implementation of a gravitational water vortex power plant in Nepal*. *Dinamis*, 20-23.
- [3] Gibran, Syahril, G., Lubis, A. Z., & Pramio G.S. 2017. *Rancang Bangun Turbin Vortex Dengan Casing Berpenampang Lingkaran Yang Menggunakan Sudu Diameter 46 Cm Pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu Dan Saluran Keluar*. *Dinamis*, 5(2), 36-46. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v5i2.7049>
- [4] Girsang, D. A., Gultom, S., Andianto P., Mahadi, & Sembiring, P. G. 2018. *Uji Performansi Pengaruh Variasi Head Vortex Terhadap Prestasi Turbin Vortex*. *Dinamis*, 6(3), 11. <https://doi.org/10.32734/dinamis.v6i3.7139>
- [5] Herbhakti, F. A. 2020. *Perancangan Dan Eksperimen Model Turbin Gravitasi Vortex Skala Laboratorium*. Tesis Fakultas Teknologi Industri Dan Rekayasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 1-92.
- [6] Ikhsan, K.H., Nugroho, R., Gusma W.D., & Setyo P.D. 2020. *Kajian Teknologi : Parameter Desain dan Pemodelan Numerik pada Turbin Vortex Berbasis Gravitasi*. 140-148.
- [7] KOURISPOWER. 2021. *Waterway Embodiment Of KCT*. <https://www.kourispower.com/technology/>

- [9] Mohanan, A. 2016. *Power Generation with Simultaneous Aeration using a Gravity Vortex Turbine. International Journal of Scientific & Engineering Research*, 7(2), 19–24.  
<http://www.ijser.org>
- [10] Muhammad Hasan Basri. 2021. *Redesign Gravitation Water Vortex Power Plant (GWVPP) Study Kasus Desa Duren.*
- [11] SIMSCALE. 2023. *K-Omega Turbulence Models. SIMSCALE.*  
<https://www.simscale.com/docs/simulation-setup/global-settings/k-omega-sst/>



**Ni Putu Rika Anindya Wahyuni,** merupakan mahasiswi Teknik Mesin Universitas Udayana Angkatan 2020 dan saat ini sedang menempuh tugas akhir dengan topik konversi energi.

Judul “Kajian Pola Aliran Air Dalam Turbi *Vortex* Pada Variasi Ketinggian Posisi *Runner* Dengan *Tapper Angle Runner* 13 Derajat Dengan Menggunakan Simulasi *Computational Fluid Dynamics*”.