

KAJIAN SIMULASI COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS POLA ALIRAN AIR PADA TURBIN VORTEX DENGAN VARIASI TINGGI BASIN

Muhammad Aufa Aghniya, Made Suarda, I Gusti Ketut Sukadana
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Turbin *vortex* memiliki keunggulan yaitu dengan memanfaatkan head rendah dan memiliki efisiensi cukup tinggi. Selain itu, turbin *vortex* merupakan salah satu contoh turbin yang memiliki perawatan yang mudah dan ramah untuk lingkungan. Pada penelitian ini difokuskan bagian dari turbin *vortex* yaitu tinggi basin untuk menghasilkan pola aliran dan performa yang optimal. Pola aliran yang dimaksud yaitu kontur kecepatan, kontur tekanan, vector kecepatan, dan *streamline*. Sedangkan performa yang dimaksud yaitu torsi, daya output, dan efisiensi. Variasi yang dipilih pada penelitian ini yaitu variasi tinggi basin, karena pada basin terjadi aliran *vortex* dan tinggi basin berpengaruh kecepatan aliran *vortex* yang terjadi. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pola aliran dan performa dari turbin *vortex* dengan melakukan variasi pada tinggi basin. Penelitian ini akan melakukan pengujian simulasi Computational Fluid Dynamic yaitu Ansys fluent.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa tinggi basin berpengaruh pada pola aliran dan performa dari turbin. Pada hasil simulasi tinggi basin 390mm memiliki nilai efisiensi tertinggi sebesar 10,72%. Sedangkan nilai efisiensi terendah terdapat pada tinggi basin 430mm dengan nilai efisiensi 8,1%. Untuk meningkatkan efisiensi dari turbin *vortex* ini dapat mempertimbangkan ketinggian basin dengan inlet dan outlet dari basin.

Kata kunci: Computational fluid dynamics, Turbin vortex, Tinggi basin, Pola aliran, Performa turbin

Abstract

Vortex turbines have the advantage of utilizing low head and have high efficiency. In addition, the *vortex* turbine is one example of a turbine that has easy maintenance and is friendly to the environment. In this research, the focus is on part of the *vortex* turbine, namely the basin height to produce optimal flow patterns and performance. The flow pattern in question is the speed contour, pressure contour, speed vector, and streamline. While the performance in question is torque, output power, and efficiency. The variation chosen in this study is the basin height variation, because in the basin *vortex* flow occurs and the basin height affects the speed of the *vortex* flow that occurs. The purpose of this research is to determine the flow pattern and performance of the *vortex* turbine by varying the basin height. This research will conduct Computational Fluid Dynamic simulation testing, namely Ansys fluent.

The simulation results show that the basin height affects the flow pattern and performance of the turbine. In the simulation results, the basin height of 390mm has the highest efficiency value of 10.72%. While the lowest efficiency value is found at a basin height of 430mm with an efficiency value of 8.1%. To increase the efficiency of this *vortex* turbine can consider the height of the basin with the inlet and outlet of the basin

Keywords: Computational Fluid Dynamic. Height of basin, Vortex turbine, Flow patterns, turbine performance

1. Pendahuluan

Potensi tenaga air di Indonesia secara teoritis diperkirakan sebesar 845.000 juta BOE, jumlah ini setara dengan 75,67GW dari jumlah ini yang dapat dimanfaatkan sebesar 6.851,00 GWh dengan kapasitas terpasang 4.200MW. Potensi ini tersebar di Kalimantan, Jawa, Sumatra, dan Bali. Tenaga air dalam skala besar ini baru dimanfaatkan 5,55% masih dalam kelompok tenaga air, terdapat juga tenaga air dalam skala kecil atau mini/micro hydro berpotensi sebesar 458,75MW dengan kapasitas terpasang 8,00MW.^[1]

Microhydro atau Picohidro biasanya dibuat dengan memanfaatkan air terjun yang memiliki head tinggi. Sedangkan aliran sungai dengan head rendah belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu dibutuhkan suatu turbin yang memanfaatkan air dengan head yang rendah.^[2]

Pada jurnal yang ditulis oleh Sreerag (2016) telah diteliti bahwa perbandingan cekungan berbentuk kerucut dan cekungan berbentuk silinder pembangkit listrik lebih optimal pada cekungan berbentuk kerucut. Penggunaan basin berbentuk kerucut menciptakan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan pusaran. Pengujian turbin yang sama pada basin berbentuk kerucut dengan ukuran tinggi 800mm memberikan efisiensi maksimum sebesar 29,63%. Oleh karena itu, lebih baik menggunakan basin berbentuk kerucut daripada berbentuk silinder.^[3]

Dari penelitian itu menunjukkan bahwa tinggi basin berpengaruh terhadap performa turbin *vortex*, oleh karena itu penelitian ini akan menggunakan variasi kecepatan rotasi dengan menggunakan metode simulasi CFD Ansys Fluent.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio tinggi basin terhadap, kontur kecepatan, kontur tekanan, dan *streamline* yang terdapat pada turbin *vortex*?
2. Bagaimana pengaruh variasi tinggi basin terhadap performansi turbin *vortex* yang meliputi torsi, putaran, daya output, dan efisiensi ?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Simulasi CFD menggunakan aliran satu fasa dengan fluidanya adalah *water-liquid* (H₂O).
2. Jumlah sudu *runner* turbin adalah 5 sudu.
3. Posisi *runner* sepertiga dari tinggi basin.
4. Penelitian ini mengabaikan *head loss*.
5. Debit aliran 10L/s.
6. Simulasi dilakukan pada kondisi *steady state*.

2. Dasar Teori

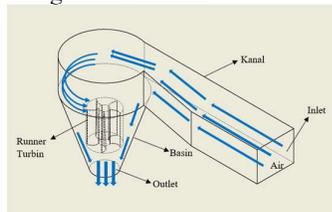
Skewness mesh metrics spectrum					
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Orthogonal Quality mesh metrics spectrum					
Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

Meshing adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen-elemen kecil atau diskrit. Proses ini sangat penting dalam simulasi aliran fluida dan struktur, karena semakin baik kualitas mesh maka akan semakin tinggi tingkat akurasi hasil simulasi. Meshing dilakukan dengan membagi domain menjadi beberapa cell atau elemen kecil yang diskrit sehingga dapat diselesaikan persamaan-persamaan dalam simulasi. Kualitas mesh pada geometri dilihat dari nilai *skewness* dan *orthogonality*-nya. Masing masing geometri harus menghasilkan kualitas mesh yang baik dan masih di dalam batas yang diijinkan seperti ditunjukkan

3. Metode Penelitian

Skema penelitian yang ada paada penelitian ini dapat dilihat dari gambar berikut:



Adapun pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi turbin vortex tanpa runner
 - o Membuat geometri turbin vortex menggunakan Autodesk inventor professional 2018
 - o Melakukan pendefinisian model pada Design Modeler Ansys yang ditunjukkan pada gambar 3.4

- o Melakukan meshing menggunakan Fluent Meshing dengan tipe *Poly-Hexcore* ditunjukkan pada Tabel 3.1
- o Import mesh menggunakan tipe poly hexcore pada ansys fluent
- o Melakukan setup, dimana pada *general* untuk *gravitational acceleration* diisi 9.813m/s². Kemudian pada models menggunakan *SST k-omega* untuk turbulensinya. Lalu pada bagian metode memilih model turbulensinya *SST k-omega*. Pada bagian material, memasukan jenis fluida yang digunakan yaitu *water-liquid* (H₂O). Parameter *water-liquid* ditunjukkan pada Tabel 3.2
- o Menginput material *name water-liquid* pada bagian *cellzone condition*.
- o Pada bagian metode memilih scheme SIMPLE.
- o Pada *report definition* memilih data yang dibutuhkan yaitu kecepatan tangensial.
- o Menjalankan simulasi aliran turbin vortex pada Ansys Fluent.
- o Memvirifikasi hasil simulasi dengan nilai residual < 10⁻³
- o Melakukan *post processing* dan analisis data simulasi

2. Simulasi turbin vortex dengan runner

- Membuat geometri turbin vortex menggunakan Autodesk Inventor Professional 2018.
- Pendefinisain model pada Design Modeler Ansys seperti pada gambar 3.5.
- Meshing menggunakan tipe *poly-hexcore* pada geometri turbin vortex di Fluent 2023 R2. Parameter *meshing* ditunjukkan pada tabel 3.3.
- Memvirifikasi kualitas mesh *good* sesuai dengan kriteria mesh pada Tabel 2.1.
- Import mesh pada Ansys fluent.
- Setup, dimana pada *general* untuk *gravitational acceleration* di isi 9.813m/s². Kemudian pada models menggunakan *SST k-omega* untuk turbulensinya. Memasukkan jenis fluida yang digunakan yaitu *water-liquid* (H₂O).
- Setup di *cell zone conditions*, pada bagian domain berputar mengubah material menjadi *water-liquid*, menghidupkan *frame motion* dan memberikan nilai *rotational velocity*. Kemudian pada domain statik hanya mengubah material menjadi *water-liquid* seperti ditunjukkan pada gambar 3.6. dan gambar 3.7.
- Setup pada *boundary conditions* berupa *velocity inlet* dan *hydraulic diameter* pada inlet.

- Pada bagian metode memilih *scheme SIMPLE*
- Pada *report definition* memilih data yang dibutuhkan yaitu torsi.
- Kalkulasi untuk simulasi pada turbin vortex.
- Memvirifikasi hasil simulasi dengan nilai residual $< 10^{-3}$

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Simulasi turbin vortex tanpa runner

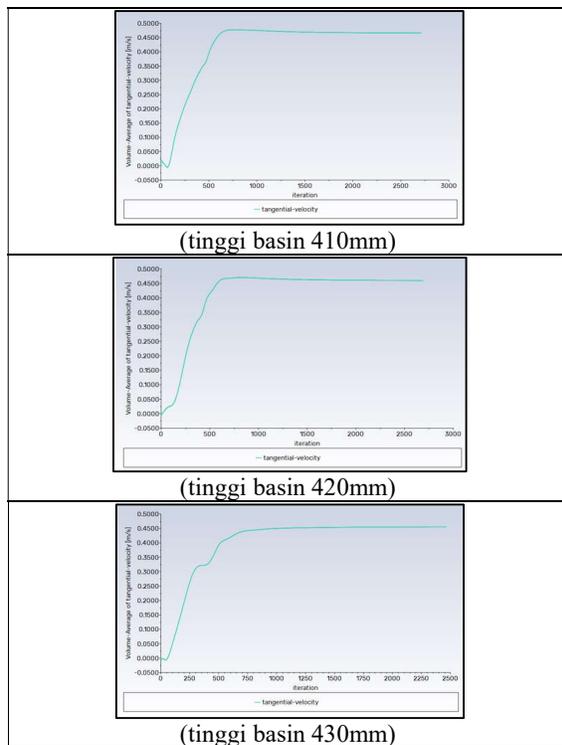
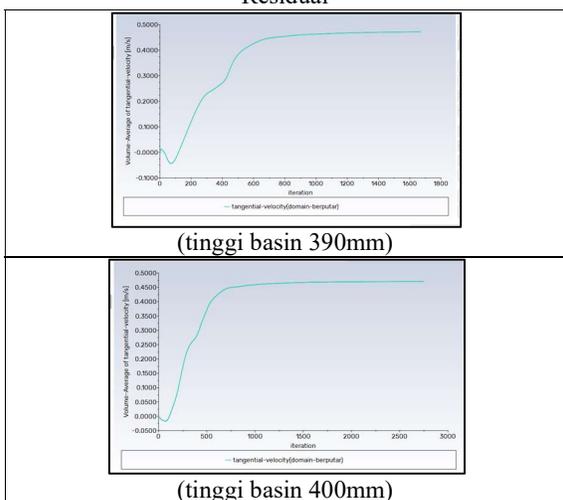
Kualitas mesh, residual, dan konvergensi dapat dilihat pada Tabel dan Gambar.

Tinggi basin	Maximum skewness	Minimum orthogonality	Jumlah Cells	Kualitas Mesh
390mm	0.76042462	0.20085347	437.983	Good
400mm	0.76225095	0.21197073	444.237	Good
410mm	0.76034944	0.20539701	466.706	Good
420mm	0.76105693	0.2033457	474.532	Good
430mm	0.75925836	0.2116930	490.872	Good

Meshing

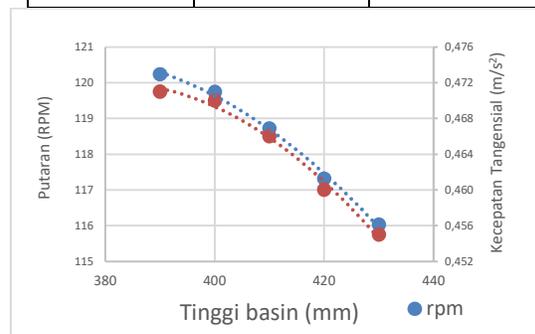
Tinggi basin (mm)	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	omega
390	$8.31 \cdot 10^{-8}$	$1.60 \cdot 10^{-6}$	$3.20 \cdot 10^{-7}$	$1.51 \cdot 10^{-6}$	9.98 10^{-6}	2.69 10^{-6}
400	$5.79 \cdot 10^{-8}$	$1.50 \cdot 10^{-7}$	$4.33 \cdot 10^{-8}$	$1.43 \cdot 10^{-7}$	9.95 10^{-7}	2.58 10^{-7}
410	$5.58 \cdot 10^{-8}$	$1.45 \cdot 10^{-7}$	$4.22 \cdot 10^{-8}$	$1.41 \cdot 10^{-7}$	9.97 10^{-7}	2.54 10^{-7}
420	$5.69 \cdot 10^{-8}$	$1.54 \cdot 10^{-7}$	$4.35 \cdot 10^{-8}$	$1.34 \cdot 10^{-7}$	9.96 10^{-7}	2.59 10^{-7}
430	$5.90 \cdot 10^{-8}$	$1.78 \cdot 10^{-7}$	$5.60 \cdot 10^{-8}$	$1.30 \cdot 10^{-7}$	9.97 10^{-7}	2.74 10^{-7}

Residual



Dari hasil simulasi turbin vortex tanpa runner didapatkan kecepatan tangensial yang dapat dikonversikan dengan persamaan ... menjadi putaran (rpm). Untuk Tabel berikut merupakan data kecepatan tangensial dan putaran.

Tinggi Basin (mm)	Kecepatan Tangensial (m/s)	PUTARAN (RPM)
390	0,471	120,23
400	0,470	119,74
410	0,466	118,,72
420	0,460	117,31
430	0,455	116,02



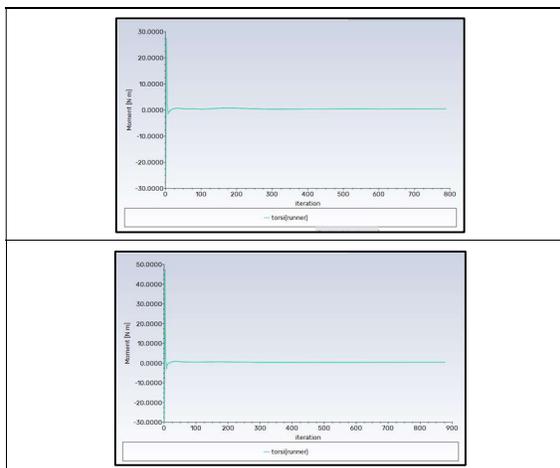
Pada Gambar 4.3 Terlihat grafik putaran dan kecepatan tangensial dengan *trend* yang menurun. Menurunnya *trend* ini disebabkan oleh ketinggian basin yang didalamnya terdapat banyak aliran

separasi yang membuat kecepatan dan putaran menurun. Aliran separasi menyebabkan aliran *vortex* tidak terjadi sempurna yang menyebabkan *runner* dari turbin *vortex* tidak berputar secara maksimal. Tidak berputarnya *runner* akan membuat kecepatan tangensial dari turbin *vortex* ini menurun.

4.2. simulasi turbin vortex dengan runner

Tinggi Basin	Maximum skewness	Minimum orthogonality	Jumlah Cells	Kualitas Mesh
390mm	0.76042462	0.20002046	813.944	Good
400mm	0.76225095	0.20000653	826.204	Good
410mm	0.76034944	0.20000449	811.852	Good
420mm	0.76105693	0.20000345	820.259	Good
430mm	0.75927463	0.20001352	822.835	Good

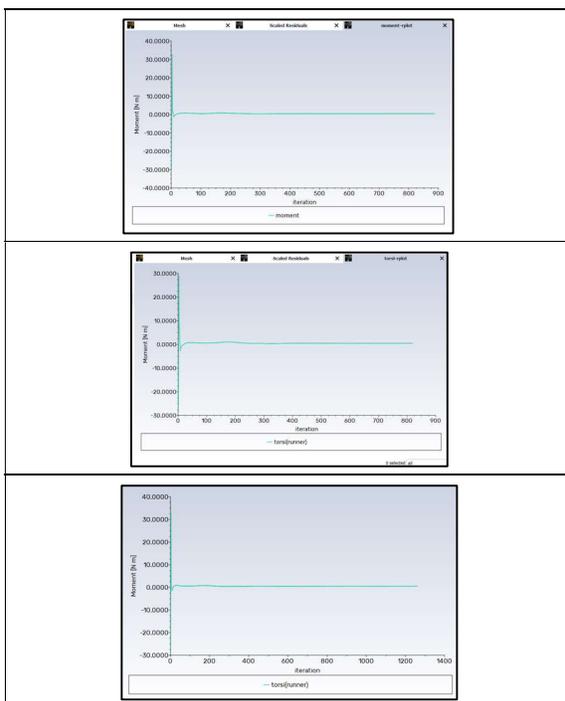
Tinggi basin (mm)	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	omega
390	$1.10 \cdot 10^{-5}$	$1.96 \cdot 10^{-4}$	$1.79 \cdot 10^{-4}$	$1.85 \cdot 10^{-4}$	$9.98 \cdot 10^{-4}$	$5.47 \cdot 10^{-4}$
400	$1.14 \cdot 10^{-5}$	$1.99 \cdot 10^{-4}$	$1.95 \cdot 10^{-4}$	$1.93 \cdot 10^{-4}$	$9.96 \cdot 10^{-4}$	$6.12 \cdot 10^{-4}$
410	$8.87 \cdot 10^{-6}$	$1.60 \cdot 10^{-4}$	$1.39 \cdot 10^{-4}$	$1.42 \cdot 10^{-4}$	$8.76 \cdot 10^{-4}$	$9.76 \cdot 10^{-4}$
420	$8.43 \cdot 10^{-6}$	$1.94 \cdot 10^{-4}$	$1.73 \cdot 10^{-4}$	$1.98 \cdot 10^{-4}$	$9.95 \cdot 10^{-4}$	$4.84 \cdot 10^{-4}$
430	$1.00 \cdot 10^{-5}$	$1.86 \cdot 10^{-4}$	$1.79 \cdot 10^{-4}$	$1.92 \cdot 10^{-4}$	$9.96 \cdot 10^{-4}$	$5.39 \cdot 10^{-4}$



4.3 Performa turbin vortex

Pada penelitian ini menggunakan performa sebagai salah satu rumusan masalah. Performa yang ada pada penelitian ini diantaranya yaitu torsi, daya input, daya output, dan efisiensi. Berikut tabel performa dari turbin vortex dengan runner.

Tinggi Basin (mm)	Nilai Torsi (Nm)
390	0,49466848
400	0,47702587
410	0,46460468
420	0,44551039
430	0,41263318



Tinggi Basin (mm)	Torsi (N.m)	Nilai Daya Input (watt)
390	0,49466848	57,820
400	0,47702587	58,800
410	0,46460468	59,780
420	0,44551039	60,760
430	0,41263318	61,740

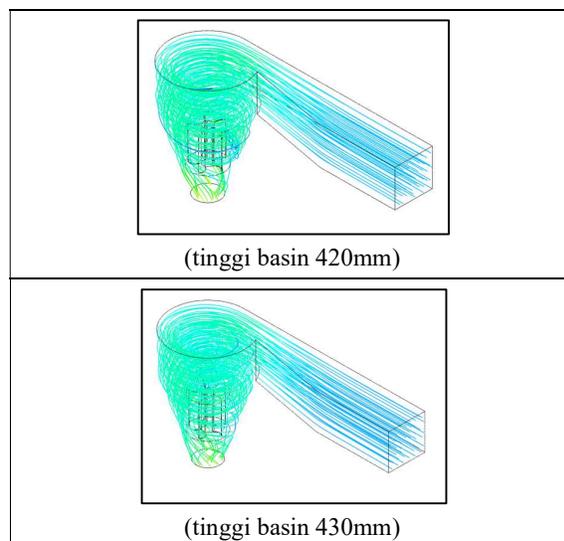
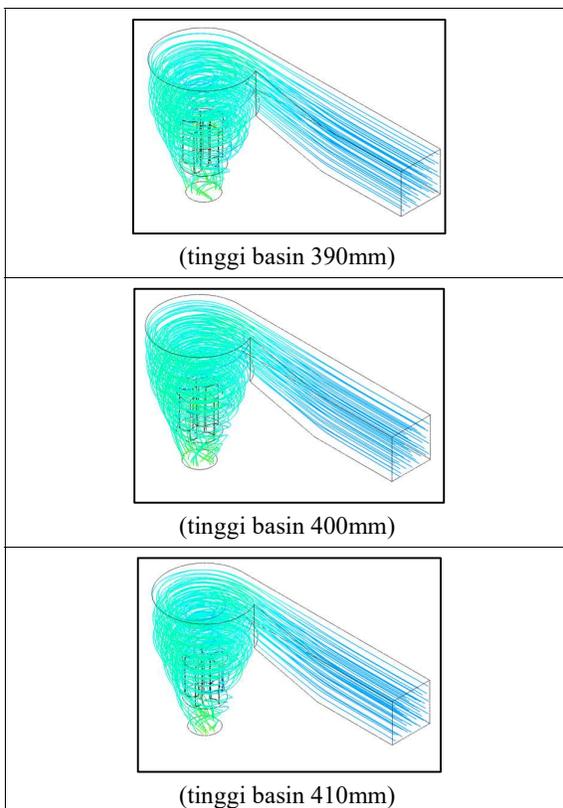
Tinggi Basin (mm)	Nilai Daya Output (Watt)
390	6,204
400	5,941
410	5,730
420	5,449

430	5,002
-----	-------

Tinggi Basin (mm)	Nilai Efisiensi (%)
390	10,72 %
400	10,10 %
410	9,58 %
420	9,10 %
430	8,10 %

4.4 Pola aliran turbin vortex

. Aliran fluida yang teratur ditunjukkan oleh *streamline* simulasi yang semakin rapat *streamline* pada seluruh area basin. Hal ini menandakan fluida membentuk aliran *vortex* yang baik dan dapat lebih optimal menabrak *runner*. Terlihat aliran paling optimal terjadi pada variasi tinggi basin 390mm. Hal itu ditandakan dengan tingginya kecepatan aliran sehingga efisiensi dari turbin *vortex* memiliki nilai yang paling tinggi diantara variasi yang lain yaitu senilai 10,72%.



5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian simulasi CFD turbin *vortex* variasi tinggi basin 390mm, 400mm, 410mm, 420mm, dan 430mm maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

1. Nilai kecepatan dan nilai tekanan memiliki nilai yang terbalik dimana kontur kecepatan meningkat seiring meningkatnya tinggi basin sedangkan kontur tekanan mengalami penurunan.
2. Nilai efisiensi tertinggi terdapat pada turbin *vortex* dengan variasi tinggi basin 390mm dan nilai efisiensi 10,72 %. Sedangkan untuk torsi tertinggi terdapat pada variasi tinggi basin 390mm dengan nilai torsi 0,494Nm.

Daftar Pustaka

- Imam Agung, A. (2013). Potensi Sumber Energi Alternatif Dalam Mendukung Kelistrikan Nasional.
- Gusti Muttaqin, I., Sucipta, M., & Suarda, M. (2022). Simulasi Computational Fluid Dynamic Pada Model Turbin *Vortex* Variasi Kecepatan Rotasi Runner. *SIBATIK JOURNAL: Jurnal Ilmiah Bidang Sosial, Ekonomi, Budaya, Teknologi, Dan Pendidikan*, 1(8), 1445–1454.
- Sreerag. (2016). Effect of Outlet Diameter on the Performance of Gravitational Vortex Turbine with Conical Basin.



Muhammad Afa Aghniya
menyelesaikan program sarjana di
Program Studi Teknik Mesin
Universitas Udayana pada tahun
2024.

Judul tugas akhir Kajian Simulasi Computational Fluid
Dynamics Pola Aliran Air Pada Turbin Vortex Dengan
Variasi Tinggi Basin