



## SIMULASI CFD PADA SAVONIUS HYDROKINETICS TURBINE DUA SUDU DENGAN VARIASI SUDUT PUNTIR HELIX

Agus Arianto<sup>1)</sup>, Fuad Hilmy<sup>1)\*</sup>, Ikhwan Taufik<sup>1)</sup>, Arif Rahman Saleh<sup>1)</sup>, Arrizka Yanuar Adiprana<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang, 56116

<sup>2)</sup> Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang, 56116

e-mail: [fuadhilmy@untidar.ac.id](mailto:fuadhilmy@untidar.ac.id)

### ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar fosil semakin meningkat mendorong pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT). Salah satu sumber EBT adalah hydropower yang banyak ditemukan di Indonesia, termasuk Magelang. Sungai Ndas Gending misalnya cocok dimanfaatkan pada skala mikro. Penelitian ini menganalisis pengaruh sudut puntir helix pada turbin Savonius menggunakan simulasi Computational Fluid Dynamics (CFD) tiga dimensi dengan membandingkan Savonius Hydrokinetics Turbine (SHT) dengan sudut puntir helix sebesar 45°; 67,5°; dan 90° kemudian akan diketahui torsi, Coefisien Power (CP), Coefisien Torsi (CT), dan kontur dari setiap simulasi. Kecepatan aliran menggunakan kecepatan rata-rata 0,7874 m/s saat musim kemarau dan saat musim hujan dengan kecepatan rata-rata 1,07 m/s. Hasil simulasi menunjukkan hasil bahwa SHT terbaik terjadi pada variasi sudut puntir helix sebesar 45° dengan torsi sebesar 1,466 Nm, disusul variasi sudut puntir helix 67,5° dengan torsi 0,184 Nm, dan yang terakhir variasi sudut puntir helix 90° dengan torsi 0,147 Nm, ketiga pengukuran dilakukan dengan kecepatan aliran saat musim kemarau.

Kata Kunci: energi terbarukan, turbin air, turbin Savonius, Computational Fluid Dynamics, helix twist angel

### ABSTRACT

*The increasing use of fossil fuels encourages the development of New and Renewable Energy (EBT). One source of EBT is hydropower which is widely found in Indonesia, including Magelang. The Ndas Gending River, for example, is suitable for use on a micro scale. This study analyzes the effect of the helix torsion angle on the Savonius turbine using a three-dimensional Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation by comparing the Savonius Hydrokinetics Turbine (SHT) with a helix torsion angle of 45°; 67.5°; and 90°, then the torque, Power Coefficient (CP), Torque Coefficient (CT), and contour of each simulation will be known. The flow velocity uses an average speed of 0.7874 m/s during the dry season and during the rainy season with an average speed of 1.07 m/s. The simulation results show that the best SHT occurs at a variation of the helix twist angle of 45° with a torque of 1.466 Nm, followed by a variation of the helix twist angle of 67.5° with a torque of 0.184 Nm, and finally a variation of the helix twist angle of 90° with a torque of 0.147 Nm, all three measurements were carried out with flow speed during the dry season.*

Keywords: renewable energy, hydrokinetics turbine, Savonius turbine, Computational Fluid Dynamics, helix twist angel

### 1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat menyebabkan konsumsi energi semakin meningkat secara signifikan, sehingga pada tahun 2030 diperkirakan konsumsi energi akan tumbuh 1,6% per tahun menjadi 36% [1]. Sampai saat ini pasokan utama energi dunia masih berasal dari energi fosil, seperti batu bara, gas bumi, dan minyak bumi. Energi fosil tersebut berperan sangat penting atas pembuangan zat emisi dunia, bahkan lebih dari 3/4 menjadi faktor terbesar dari penyebab kerusakan ozon [2]. Untuk mengurangi polusi yang ada di dunia ini salah satu caranya adalah dengan

menggunakan sumber energi terbarukan [3]. Dilihat dari data di atas, maka sangat dibutuhkan revolusi pemanfaatan energi yang tidak ada batasnya yaitu Energi Baru Terbarukan (EBT).

Meningkatkan penggunaan EBT adalah tanggung jawab masyarakat global, termasuk Indonesia. Pada tahun 2018, sumber energi listrik di Indonesia paling banyak berasal dari sumber energi fosil yang masih membutuhkan pembakaran. Pembangkit listrik di Indonesia pada tahun 2018 masih didominasi oleh pembangkit berbahan bakar fosil, antara lain batubara 50%, gas bumi 29%, bahan bakar minyak 7%, dan EBT sebesar 14%. Dilihat dari data tersebut, penggunaan

EBT masih sangat rendah, oleh karena itu penggalakan penggunaan EBT sangat diperlukan [4]. Dengan demikian sangat dibutuhkan pengembangan teknologi terkait EBT di Indonesia. Penggunaan EBT sangat diperlukan untuk terus mempertahankan pertumbuhan yang stabil dan meningkat dalam mengurangi penggunaan pada bahan bakar. Ada beberapa contoh energi EBT atau yang sering kita sebut sebagai energi alternatif seperti energi angin dan air [5]. Rasio luas air ke darat 71% hingga 29%. Jika dibandingkan dengan sumber energi lain, tenaga air merupakan pasokan yang jauh lebih bersih, dapat diprediksi, dan andal untuk wilayah Indonesia secara keseluruhan [6]. Hal lain yang mendukung EBT, terutama *hidropower* adalah emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh pembakaran fosil proses perubahan energi fosil menjadi energi listrik ataupun energi gerak, seperti emisi yang dihasilkan oleh pembakaran batubara untuk menghasilkan listrik dan emisi pembakaran dalam penggunaan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar minyak bumi. [7].

Salah satu sumber EBT yang paling disarankan adalah EBT tenaga air, atau yang sering disebut Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTA merupakan satu dari banyak pembangkit listrik berkelanjutan yang memiliki potensi yang sangat tinggi, terutama di Indonesia. Oleh karena itu, PLTA sering disebut sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang paling utama. Di samping keunggulan yang dimiliki, PLTA juga memiliki kelemahan dalam kapasitas untuk merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kekurangan inilah yang mengakibatkan penggunaan PLTA hanya menghasilkan kecepatan sebesar 12% setiap tahunnya [7]. Dengan demikian perlu adanya banyak riset yang penelitian terkait pengembangan EBT, terutama PLTA agar lebih efisien dalam penggunaannya dan bisa dimanfaatkan secara global.

Pemanfaatan energi air yang masih kurang, menuntut untuk bisa memanfaatkan energi mikro yang tersedia di alam, terutama di wilayah Magelang yang tidak lain adalah tempat tinggal dan tempat penulis menempuh pendidikan. Di wilayah aliran sungai Kabupaten Magelang, Jawa Tengah memiliki potensi energi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik. Daerah sungai yang didominasi oleh pemukiman desa, diharapkan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di sekitar. Penulis memilih aliran sungai Ndas Gending yang terletak di Dusun Gedongan, Desa Bondowoso, Kecamatan Mertoyudan, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Lokasi ini dipilih karena kesesuaiannya untuk menguji turbin air yang memiliki variasi yang berbeda dalam mencerminkan kondisi sungai. Berdasarkan data, sungai memiliki lebar sekitar 5 meter dengan kedalaman terdalam sekitar 94 cm, dan kecepatan rata-rata aliran sungai berkisar 0,55 sampai 0,92 m/s [8].

Secara umum, ada dua cara untuk mengubah atau mengkonversi energi air menjadi energi listrik. Pertama dengan konvensional berskala besar yang bergantung pada pengumpulan energi potensial air dengan membangun bendungan atau waduk penyimpanan air lainnya di seluruh badan sungai untuk menghasilkan perbedaan ketinggian secara hidrolik [9]. Opsi kedua adalah menggunakan

teknologi *hydrokinetics*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara merubah energi kinetik atau energi gerak dari aliran air yang menggerakkan suatu turbin dan melalui transmisi bisa menggerakkan generator, sehingga energi mekanik dari turbin yang dihasilkan oleh aliran air dapat berubah menjadi energi listrik [10]. Seperti halnya yang banyak digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi listrik yaitu menggunakan turbin *hydrokinetics*.

*Hydrokinetics turbine* adalah alternatif turbin dengan biaya minim dan memiliki pengaruh negatif terhadap lingkungan yang kecil karena tidak membutuhkan pembangunan atau penggunaan tanggul atau bendungan. *Hydrokinetics turbine* memiliki keunggulan ketika digunakan untuk kota-kota kecil yang memiliki ketinggian air yang rendah di sepanjang aliran sungai jika dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga air konvensional [7]. *Hydrokinetics turbine* memiliki dua tipe atau jenis yaitu *axial* dan *cross flow hydrokinetic turbine*. Model *Hydrokinetics turbine* ada banyak macamnya, salah satunya adalah *Savonius Hydrokinetics Turbine* (SHT) [11].

SHT memiliki beberapa keunggulan, antara lain adalah kesederhanaan dalam struktur dan proses manufaktur, kemudahan dalam modifikasi, serta kemampuan untuk beroperasi atau berputar dalam aliran fluida yang berkecepatan rendah. Penyesuaian dan penambahan komponen dasar, seperti *rasio* overlap, bentuk sudu, penggunaan *endplate*, penambahan *stage*, jumlah sudu, dan penambahan deflektor, sangat banyak dilakukan penelitian terkait SHT [12].

Di samping keunggulan utama, SHT memiliki efisiensi yang masih kurang dalam proses mengubah energi air menjadi energi listrik. Dengan demikian perlu adanya penelitian untuk meminimalisir kelemahan ini, beberapa penelitian telah dilakukan dengan mengubah dan mengoptimalkan parameter desain struktur yang berbeda. Studi ini sebagian besar dilakukan untuk aplikasi angin. Oleh karena itu, literatur yang luas tersedia mengenai studi optimasi untuk turbin Savonius dalam aplikasi energi angin. Dengan tujuan memberikan latar belakang penelitian yang lebih luas untuk turbin Savonius dalam hal aplikasi hidrokinetik, studi optimasi dilakukan dengan air sebagai media kerja yang akan ditinjau [13].

## 2. Metode

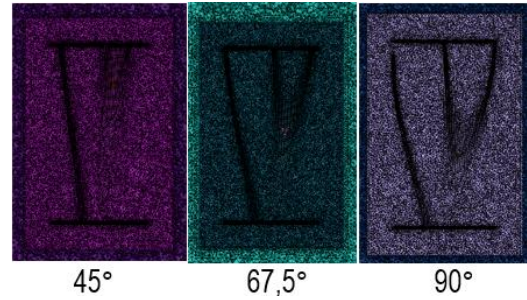
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah CFD menggunakan *software* Ansys Fluent 2023 R1. Jenis simulasi yang digunakan adalah simulasi tiga dimensi dengan pemodelan turbulensi SST k-omega. Bentuk turbin didasarkan dari kedalaman sungai Ndas Gending.

Penelitian dimulai dengan pembuatan model turbin dengan 3 variasi menggunakan *software* Solidworks 2022, dengan dimensi seperti pada Tabel 1 dan Gambar 1:

**Tabel 1.** Dimensi Turbin

No	Parameter	Nilai
----	-----------	-------

1	Jumlah <i>blade</i>	2
2	Aspek <i>ratio</i> (H/D)	1,8
3	Diameter turbin (D)	305,56 mm
4	Tinggi turbin (H)	550 mm
5	Diameter <i>endplate</i> (Do)	305,56 mm
6	Ketebalan <i>blade</i> (t)	2 mm
7	<i>Helix twist blade</i> ( $\theta^\circ$ )	45°, 67,5°, 90°

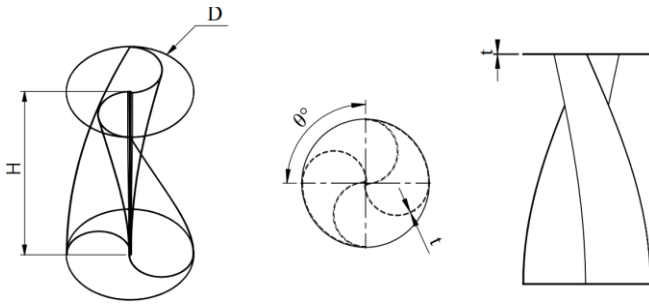


Gambar 4. Meshing

Proses simulasi dilakukan pada setiap variasi yaitu pada variasi sudut puntir *helix* 45°, 67,5°, dan 90° dengan parameter yang ditunjukkan pada Tabel 2.

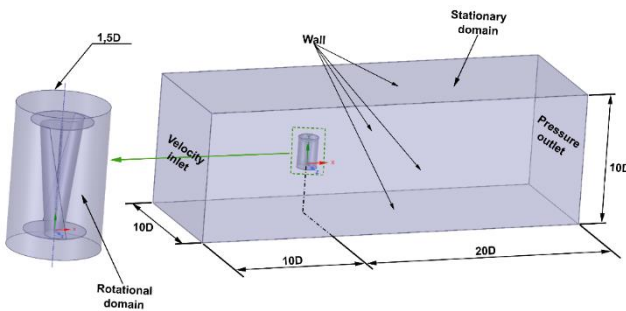
Tabel 2. Parameter simulasi

No	Parameter	Nilai
1	Jenis Simulasi	Steady
2	<i>Inlet</i>	0,7874 m/s
3	<i>Outlet</i>	0 Pa
4	Fluida	Air
5	<i>Initialize</i>	Hybrid
6	Model turbulensi	SST k-omega
7	<i>Solution methode</i>	SIMPLE
8	<i>Criteria Convergence</i>	$1 \times 10^{-3}$



Gambar 1. Geometri turbin

Setelah proses desain selesai dilanjutkan dengan proses pembuatan *boundary area* simulasi seperti Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi domain dan kondisi batas

Proses *meshing* dilakukan dengan menggunakan *mesh* tetrahedral dengan penambahan *local sizing* pada *blade* dan penambahan *smooth transition* pada *blade* 10 layer. *Meshing* dan pendefinisian dilakukan dengan menggunakan *software* Ansys 2023. Proses *meshing* juga sangat mempertimbangkan nilai *maximum skewness* dan *minimum orthogonal* seperti Gambar 3.

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

Gambar 3. Kualitas mesh

Hasil *mesh* dari setiap variasi harus memenuhi setandar di atas agar proses simulasi berjalan sesuai yang diinginkan. Gambar 4 adalah contoh hasil *meshing* dari setiap variasi sudut puntir *helix* pada turbin savonius.

*Meshing* dari setiap turbin dilakukan *Grid Independence Test* (GIT) pada TSR 0,8 untuk menentukan titik elemen *meshing* yang paling tepat yang yang paling tidak banyak memiliki perubahan hasil.

Simulasi dari Ansys Fluent nantinya akan menghasilkan torsi yang nantinya akan dilakukan perhitungan  $C_p$  dan  $C_T$  dengan menggunakan rumus dari jurnal sebelumnya [14] berikut:

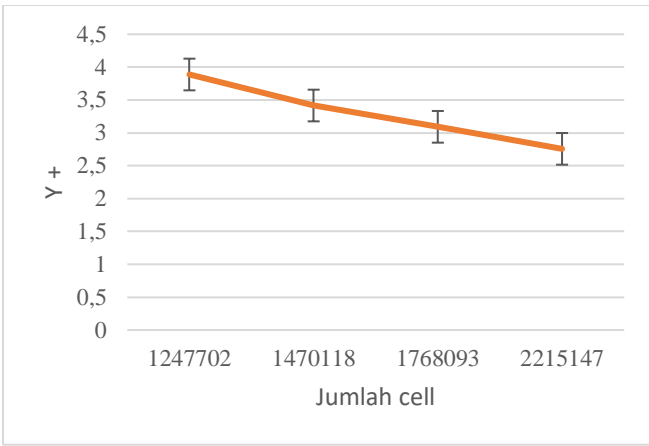
$$C_T = \frac{4T}{\rho A_s D v^2} = \frac{4T}{\rho v^2 D^2 H} \quad \dots (1)$$

$$C_p = TSR \times C_T \quad \dots (2)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Grid Independence Test (GIT)

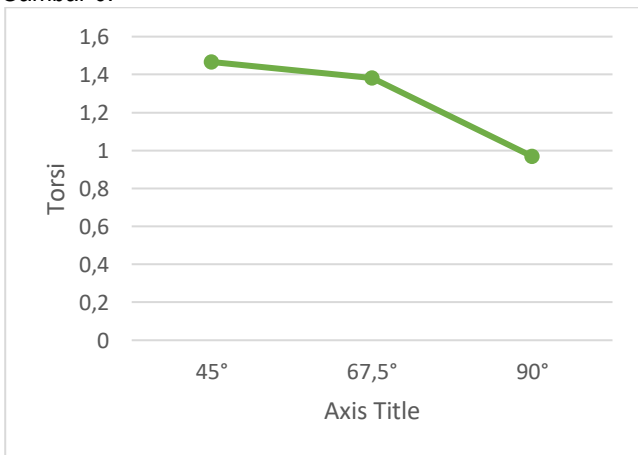
Hasil *meshing* terbaik berdasarkan grafik *grid independence* di atas adalah pada jumlah *element* 1,7 juta, karena pada peningkatan selanjutnya tidak menghasilkan banyak perbedaan dari sebelumnya. Dengan demikian *meshing* 1,7 juta digunakan untuk dilanjutkan simulasi pada setiap variasi.



Gambar 5. Grafik grid independence

3.2 Hasil variasi

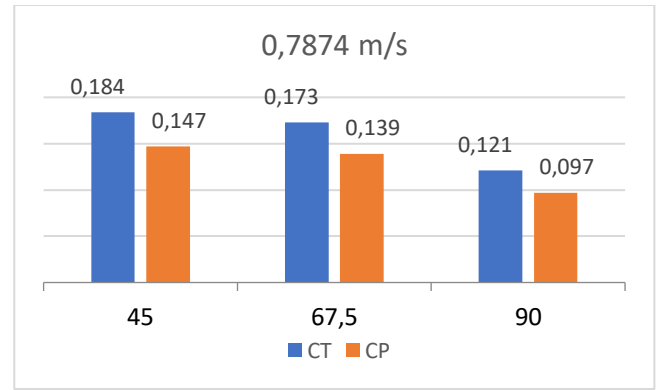
Hasil variasi berupa torsi yang dihasilkan dari setiap variasi sudut puntir helix turbin. Hasil torsi dapat dilihat dari Gambar 6.



Gambar 6. Torsi dengan kecepatan 0,7874 m/s

Hasil dari torsi dapat dilihat dari grafik diatas yang menyatakan bahwa turbin dengan sudut puntir helix sebesar 45° adalah yang terbaik dengan besar torsi sebesar 1,466 Nm, yang disusul dengan turbin dengan sudut puntir helix 67,5° dengan besar torsi 1,382 Nm, dan yang paling buruk adalah turbin dengan sudut puntir helix 90° dengan torsi sebesar 0,968 Nm. Hal tersebut terjadi karena tekanan yang dihasilkan dari setiap turbin serta vektor kecepatan aliran yang dihasilkan pada setiap turbin, yang dapat dilihat pada Gambar 8, dan Gambar 9.

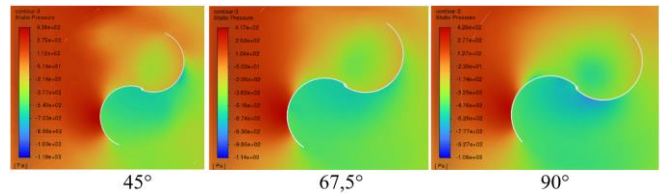
Hasil torsi di atas kemudian dapat dihitung berupa  $C_P$  dan  $C_T$  dengan menggunakan rumus (1) dan (2). Grafik  $C_P$  dan  $C_T$  dapat dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Grafik  $C_P$  dan  $C_T$

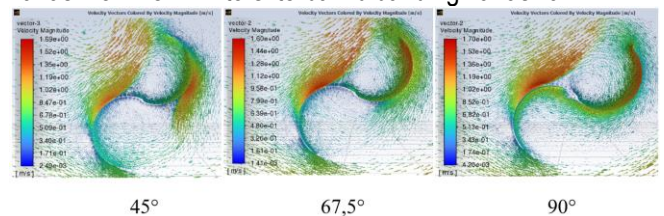
Grafik di atas juga menyatakan bahwa  $C_P$  dan  $C_T$  juga memiliki tren yang sama dengan grafik torsi dimana  $C_P$  dan  $C_T$  terbaik terjadi pada variasi turbin dengan sudut puntir helix 45°, disusul turbin dengan sudut puntir helix 67,5° dan yang terakhir adalah turbin dengan sudut puntir helix 90°.

Hasil dari torsi,  $C_P$  dan  $C_T$  di atas juga dapat dilihat dari kontur tekanan yang dihasilkan pada pusat turbin. Kontur tekan pusat turbin pada setiap variasi sudut puntir helix dapat dilihat dari Gambar 8.



Gambar 8. Kontur tekanan

Gambar di atas menunjukkan setiap perbedaan kontur tekan pada setiap variasi sudut puntir helix, di mana pada gambar 45° menunjukkan pada daerah *advancing blade* memiliki kontur tekan dengan warna tajam lebih rata daripada variasi 67,5° dan 90°. Hal itu adalah yang menyebabkan variasi 45° memiliki torsi terbaik dibanding variasi lain.



Gambar 9. Vektor kecepatan

Vektor kecepatan juga dapat dilihat pada Gambar 9, di mana terdapat pusaran pada *advancing blade* yang mengakibatkan aliran akan tertahan. Dilihat dari gambar yang memiliki pusaran atau aliran *vortex* paling kecil terdapat pada variasi 45° yang dilanjutkan semakin besar pada variasi 67,5° dan 90°. Dengan demikian sangat masuk akal ketika torsi paling besar dihasilkan pada variasi sudut puntir helix 45°. Pada jurnal terdahulu juga menyebutkan semakin besar kecepatan aliran pada *returning blade*, maka semakin besar juga gaya hambat pada turbin [15]

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian berdasar pada simulasi cfd yang telah dilakukan, besaran sudut puntir helix sangat mempengaruhi performa turbin savonius. Hasil terbaik dari simulasi di atas terjadi pada turbin savonius dengan sudut puntir helix sebesar  $45^\circ$  dengan torsi 1,466 Nm yang disusul turbin dengan variasi sudut puntir helix  $67,5^\circ$  dengan torsi sebesar 1,382 Nm dan yang terakhir adalah turbin dengan variasi sudut puntir helix  $90^\circ$  dengan torsi sebesar 0,968 Nm. Hal tersebut juga terjadi dari hasil  $C_P$  dan  $C_T$  dari setiap simulasi.

#### Ucapan Terimakasih

Terimakasih saya ucapkan kepada Allah SWT. atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian ini. Yang kedua saya ucapkan terimakasih kepada Ir. Fuad Hilmy, S.T., M.T., IPP., selaku pembimbing utama serta kepada Ir. Ikhwan Taufik, S.Pd., M.Eng. selaku pembimbing kedua saya. Tidak lupa saya ucapkan kepada keluarga dan orang-orang di sekeliling saya yang telah memberi support kepada saya agar bisa menyelesaikan penelitian ini. Terakhir saya ucapkan terimakasih kepada diri saya sendiri yang telah bisa menyelesaikan penelitian ini sampai akhir.

#### Daftar Pustaka

- [1] Z. Wang, Z. Yang, B. Zhang, H. Li, and W. He, "How does urbanization affect energy consumption for central heating: Historical analysis and future prospects," *Energy Build*, p. 111631, 2021.
- [2] H. Van Asselt, "Governing Fossil Fuel Production in the Age of Climate Distruption: Towards an International Law of 'Leaving it ib the Ground,'" *Earth Syst*, vol. 9, p. 100118, 2021.
- [3] V. Patel and R. Patel, "Experimental investigations to improve the performance of the savonius hydrokinetic turbines using wavy edge vanes," *Applied Ocean Research*, vol. 161, no. August 2023, 2025, doi: 10.1016/j.apor.2025.104606.
- [4] D. M. Prabowoputra, A. R. Prabowo, S. Hadi, and J. M. Sohn, "Assessment of turbine stages and blade numbers on modified 3D Savonius hydrokinetic turbine performance using CFD analysis," *Multidiscip, Model, Mater, Struct.*, vol. 17, pp. 253–272, 2021.
- [5] T. Kinsey and G. Dumas, "Computational fluid dynamics analysis of a hydrokinetic turbine based on oscillating hydrofoils," *J. Fluids Eng. Trans*, vol. 134, pp. 1–6, 2012.
- [6] Erinofiardi et al, "A Review on Micro Hydropower in Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 110, pp. 316–321, 2016.
- [7] D. M. Prabowoputra, A. R. Prabowo, S. Hadi, and J. M. Sohn, "Assessment of turbine stages and blade numbers on modified 3D Savonius hydrokinetic turbine performance using CFD analysis," *Multidiscip, Model, Mater, Struct.*, vol. 17, pp. 253–272, 2021.
- [8] A. Y. Adipradana, F. Hilmy, H. T. Setiawan, A. R. Prabowo, and I. Yaningsih, *Energi Kinetik Air: Potensi, Desain, dan Simulasi*. Samarinda: Mulawarman University Press, 2022.
- [9] Erinofiardi et al, "A Review on Micro Hydropower in Indonesia," *Energy Procedia*, vol. 110, pp. 316–321, 2016.
- [10] M. I. Yuce and A. Muratoglu, "Hydrokinetic energy conversion systems: A technology status review," *Renew, Sustain, Energy Rev*, vol. 43, pp. 72–82, 2015.
- [11] J. Xu, T. Ni, and B. Zheng, "Hydropower development trends from a technological paradigm perspective," *Energy Convers Manag*, vol. 90, pp. 195–206, 2015.
- [12] M. Zemamou, M. Aggour, and A. Toumi, "Review of savonius wind turbine design and performance," *Energy Procedia*, vol. 141, pp. 383–388, 2017.
- [13] N. R. Maldar, C. Y. Ng, and E. Oguz, "A review of the optimization studies for Savonius turbine considering hydrokinetic applications," *Energy Convers. Manag*, vol. 226, p. 113495, 2020.
- [14] F. Widyantama, D. Suanggana, and G. Gunawan, "Simulasi CFD Pengaruh Penggunaan Deflektor Pelat Lengkung terhadap Performa Turbin Air Savonius Sumbu Vertikal Dua Sudu," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 234, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i2.2577.
- [15] Wicaksono, Y. A., Munaji, M., & Santi, E. E, "Karakteristik Aerodinamika Sudu Turbin Angin Bio-inspired Menggunakan Simulasi CFD," *Jurnal AutoMech*, vol. 1, no. 1, pp. 21–24, 2021.