

PENGARUH PENGGUNAAN DEFLEKTOR GANDA TERHADAP TORSI DAN DAYA TURBIN HIDROKINETIK MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

Rusly Kusuma Ghani Atha¹, Arif Rahman Saleh², Endang Mawarsih³

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar

Jl. Kapten Suparman 39 Magelang 56116

Email : ruslikusuma.ga@gmail.com, arifrahmansaleh@untidar.ac.id, endfamous@yahoo.com

ABSTRAK

Pemanfaatan energi terbarukan merupakan salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil. PLTMH dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan energi fosil, selain itu penggunaan turbin *crossflow* untuk PLTMH dapat mendukung pemerataan distribusi energi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan deflektor ganda pada turbin *crossflow* model *savonius hydrokinetic turbine* (SHKT) dua sudu dengan sudut sudu 166°. Metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD) digunakan untuk mengetahui nilai torsi dan daya yang dihasilkan turbin, model divalidasi menggunakan metode *Grid Independence Test* (GIT). Kondisi batas diatur dengan kecepatan aliran air 1,3 m/s dan penggunaan variasi TSR 1,2,3,4,5,6, dan 7 menggunakan turbulensi *k-epsilon*. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan deflektor ganda dapat meningkatkan torsi dan daya yang mampu dibangkitkan turbin hingga dua kali daya yang mampu dibangkitkan turbin tanpa deflektor. Turbin B menghasilkan daya 221,06 watt pada TSR 5, sedangkan turbin A menghasilkan daya 101,57 watt pada TSR 3.

Kata kunci : *savonius*, CFD, *crossflow*, deflektor, energi terbarukan

ABSTRACT

The utilization of renewable energy sources is a crucial endeavor in mitigating reliance on fossil fuels. In this regard, micro hydro power plants (PLTMH) present a viable solution for reducing dependence on fossil energy sources. Moreover, the implementation of crossflow turbines in PLTMH systems can contribute to the equitable distribution of electrical energy. This research aims to examine the impact of employing dual deflectors on the performance of a crossflow turbine, specifically the savonius hydrokinetic turbine (SHKT) with two blades set at a 166° blade angle. Computational Fluid Dynamics (CFD) methodology is employed to assess the torque and power generated by the turbine, and the model is validated through the Grid Independence Test (GIT). Boundary condition set on a water flow velocity of 1,3 m/s and various Tip Speed Ratios (TSR) ranging from 1 to 7, employing the k-epsilon turbulence model. The results demonstrate that the utilization of dual deflectors significantly enhances the torque and power generation capability of the turbine, yielding up to twice the power output compared to a turbine without deflectors. Turbine B achieves a power output of 221,06 watts at TSR 5, while Turbine A achieves a power output of 101,57 watts at TSR 3.

Keyword: *savonius*, CFD, *crossflow*, deflector, renewable energy

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk 273.879.750 jiwa pada tahun 2022 [1]. Jumlah penduduk yang tinggi menyebabkan kenaikan kebutuhan energi pada berbagai sektor kehidupan. Energi berbahan dasar fosil perlu dikurangi penggunaannya karena sifatnya yang terbatas. Pembuatan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) dapat menjadi solusi dalam mengurangi ketergantungan energi fosil, PLTMH dapat dibuat menggunakan turbin *savonius hydrokinetic turbine* (SHKT) dan proses manufakturnya relatif mudah. Model PLTMH dapat digunakan pada daerah terpencil sehingga mendukung pemerataan energi listrik pada daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik [2]. Pada proses penggilingan padi yang menggunakan solar jika diasumsikan 1 liter dengan harga Rp. 16.000 yang setara dengan 1,2 kWh listrik dengan harga Rp.1.800, hal tersebut dapat menjadi dasar petani untuk menentukan pilihan ekonomis penggunaan peralatan pertanian berbasis listrik yang dapat mengurangi biaya proses selama satu siklus tanam [3].

Penelitian mengenai turbin *crossflow* model *savonius hydrokinetic turbine* (SHKT) telah mengalami pengembangan penelitian dengan melakukan variasi terhadap bentuk turbin, penggunaan deflektor, dan variasi terhadap jumlah sudu baik secara studi komputasi maupun secara eksperimen. Penelitian sudut sudu turbin SHKT dengan dua sudu menggunakan metode *computational fluid dynamics* (CFD) menghasilkan nilai optimal sudu sudut 166° [4]. Selain itu, penggunaan dua deflektor yang diarahkan ke *advancing blade* turbin SHKT dua sudu meningkatkan nilai daya yang mampu dibangkitkan [5]. Deflektor tunggal yang menutupi area *returning blade* turbin *savonius* dua sudu dapat meningkatkan nilai daya yang mampu dibangkitkan turbin [6]. Semakin panjang deflektor yang digunakan untuk mengarahkan arah aliran air ke turbin

savonius dua sudu maka nilai daya semakin tinggi [7].

Parameter perhitungan performa turbin yang digunakan yaitu perhitungan *Tip Speed Ratio* (TSR):

$$TSR = \frac{\omega D}{2V} \dots \dots \dots (1)$$

Perhitungan torsi:

$$T = f.r \dots \dots \dots (2)$$

Perhitungan daya:

$$P = T. \omega \dots \dots \dots (3)$$

Dimana : ω = Kecepatan sudut (rad/s)

D = Diameter turbin (m)

V = Kecepatan aliran (m/s)

f = Gaya (N)

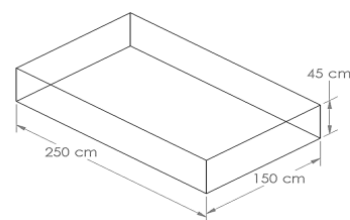
r = Jari-jari (m)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh deflektor ganda terhadap nilai torsi dan daya yang mampu dibangkitkan turbin SHKT dua sudu menggunakan sudut sudu 166° dengan kecepatan aliran sungai 1,3 m/s pada TSR 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 yang disimulasikan menggunakan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD). Validasi desain turbin menggunakan metode *Grid Independence Test* (GIT).

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah CFD menggunakan *software* Ansys Fluent 2022. Jenis simulasi yang digunakan yaitu simulasi 3 dimensi *axis vertical* dengan jenis turbulensi yang digunakan *k-epsilon*. Kondisi turbin diasumsikan dalam kondisi vertikal dan tenggelam sempurna.

Penelitian dimulai dengan pembuatan model 3 dimensi menggunakan *software computer aided design* (CAD) yang dibuat 2 variasi model dengan parameter model berdasarkan lingkungan gambar berikut:

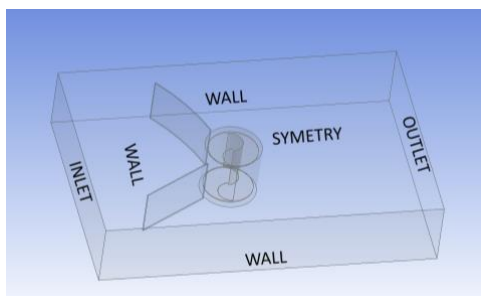


Gambar 1. Dimensi Area Simulasi

Tabel 1. Parameter desain turbin

Nama	Keterangan
Diameter turbin	44 cm
Jumlah sudu	2 buah
Sudut Sudu	166°
Aspect ratio	0,95
Tinggi turbin	42 cm
Diameter sudu	22 cm
Jarak overlap	2,7 cm
Overlap ratio	0,12
Tebal sudu	0,3 cm
Panjang Deflektor 1	70 cm
Sudut deflektor 1	Tanpa deflektor dan sudut 45°
Panjang deflektor 2	70 cm
Sudut deflektor 2	Tanpa deflektor dan deflektor 30°
Kelengkungan deflektor 1	20°
Jarak deflektor 1	8 cm
Tebal end plate	1 cm
Jarak deflektor 2	8 cm
Tinggi deflektor	42 cm

Proses *meshing* dilakukan dengan membagi area menjadi area *interior zone* dan area *eksterior zone* menggunakan *mesh* tetrahedral. Pendefinisian area *symmetry* berada pada area atas turbin dan pendefinisian *wall* pada area bawah dan samping turbin. *Inlet* memiliki arah dari depan deflektor dan bagian *outlet* memiliki arah dari belakang deflektor. *Interface* digunakan untuk menghubungkan *interior zone* dan *eksterior zone*.



Gambar 2. Kondisi Batas

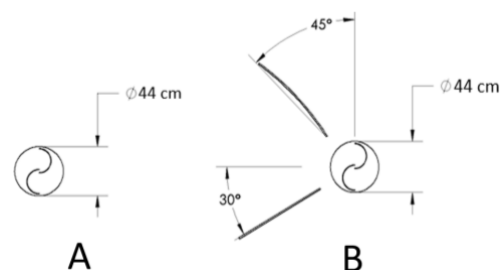
Dua model desain turbin SHKT dua sudu disimulasikan menggunakan perangkat lunak

Anslys Fluent 2022. Simulasi dilakukan pada dua jenis konfigurasi turbin yaitu turbin A (tanpa deflektor) dan turbin B (deflektor sudut 45° dan deflektor sudut 30°).

Tabel 2. Parameter simulasi

Nama	Keterangan
Jenis simulasi	Steady
Aliran masuk	1,3 m/s
<i>Initialize</i>	<i>Hybrid</i>
Model Turbulensi	<i>k-epsilon</i>
Jarak poros turbin terhadap <i>inlet</i>	110 cm
<i>Solution Methode</i>	SIMPLE
<i>Criteria Convergence</i>	1×10^{-3}
Jenis mesh	Tetrahedral
Jarak poros turbin terhadap <i>outlet</i>	140 cm

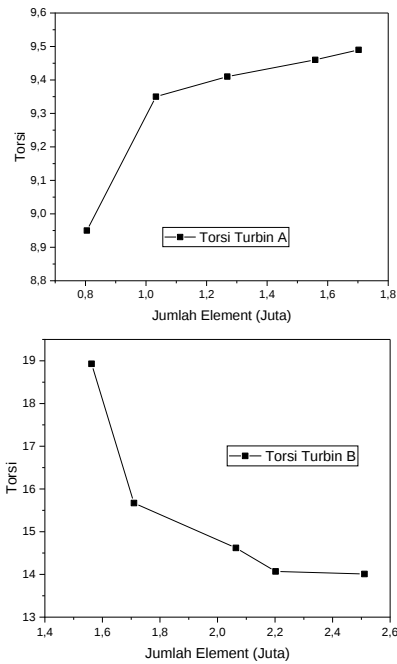
Model turbin yang digunakan pada pelaksanaan simulasi dibagi menjadi 2 model. Turbin dilakukan *Grid Independence Test* (GIT) pada TSR 0,5 untuk menentukan titik *element* untuk simulasi dan pengujian dilakukan pada TSR 1 sampai 7 untuk mengetahui nilai torsi dan daya turbin.



Gambar 3. Konfigurasi turbin A dan turbin B

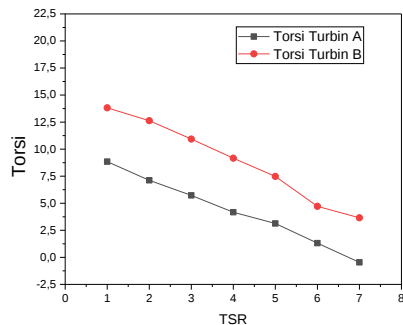
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari *Grid Independence Test* akan digunakan sebagai titik acuan pelaksanaan simulasi sehingga hasil simulasi sudah tidak berpengaruh secara signifikan akibat penambahan jumlah *element*.



Gambar 4. *Grid independence test*

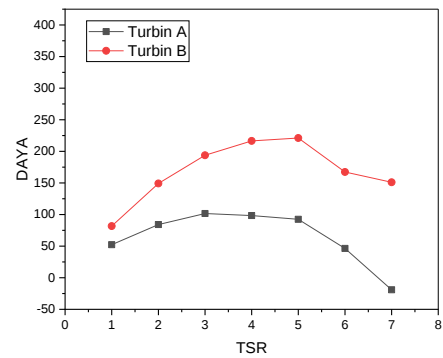
Turbin A menunjukan titik acuan simulasi berada pada jumlah *element* 1,5 Juta dan turbin B menunjukan titik acuan simulasi berada pada jumlah *element* 2,2 Juta. Pengaruh adanya deflektor terhadap torsi menunjukan adanya nilai perbedaan yang signifikan.



Gambar 5. Pengaruh deflektor terhadap torsi

Deflektor mampu meningkatkan torsi dimana turbin B memiliki torsi tertinggi yaitu 13,82 Nm pada TSR 1. Torsi tertinggi turbin A yaitu 8,85 Nm pada TSR 1.

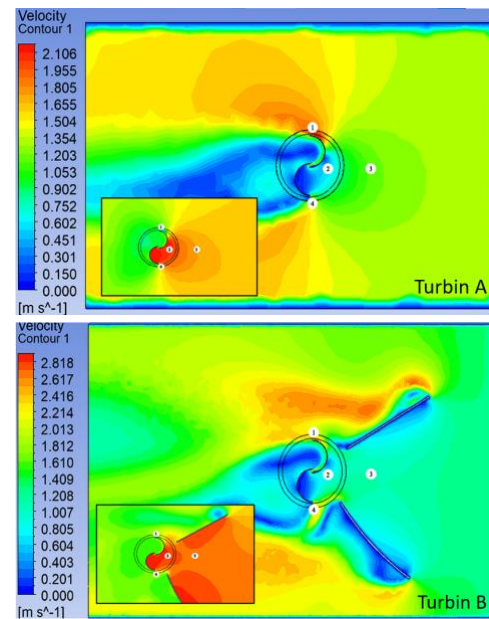
Pengaruh adanya deflektor terhadap daya menunjukan adanya nilai perbedaan yang signifikan.



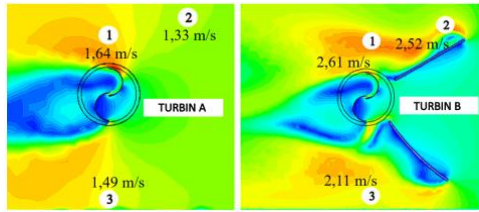
Gambar 6. Pengaruh deflektor terhadap daya

Deflektor mampu meningkatkan daya yang dihasilkan turbin B pada TSR 5 menghasilkan daya 221,06 watt, turbin A pada TSR 3 menghasilkan daya 101,57 watt.

Data kualitatif dibandingkan untuk mengetahui perbedaan kondisi yang terjadi pada turbin. TSR yang digunakan untuk perbandingan adalah TSR 1.



Gambar 7. Perbandingan kecepatan aliran dan tekanan area dalam turbin A dan turbin B



Gambar 8. Perbandingan kontur kecepatan area luar turbin A dan turbin B

Berdasarkan keadaan di atas, persebaran tekanan turbin A diterima dari lingkungan tanpa rekayasa pembuatan deflektor sehingga tekanan pada daerah 1 sebesar -564,56 Pa dengan kecepatan 1,851 m/s dan tekanan daerah 2 sebesar 1092,35 Pa dengan kecepatan 0,414 m/s. Daerah 3 mengalami tekanan 448,53 Pa dengan kecepatan aliran 1,209 m/s, daerah 4 mengalami tekanan -481,63 Pa dengan kecepatan aliran 0,680 m/s. Persebaran tekanan turbin B diterima dari rekayasa pembuatan deflektor sehingga tekanan pada daerah 1 sebesar -965,549 Pa dengan kecepatan 826 m/s dan tekanan daerah 2 sebesar 3226,07 Pa dengan kecepatan 0,553 m/s. Daerah 3 mengalami tekanan 2724,88 Pa dengan kecepatan aliran 1,124 m/s, daerah 4 mengalami tekanan -560,202 Pa dengan kecepatan aliran 774 m/s.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengaruh penggunaan deflektor ganda dapat meningkatkan torsi dan daya turbin secara signifikan hingga dua kali performa turbin tanpa deflektor ganda.

DAFTAR PUSTAKA

[1] KEMENDAGRI, "273 Juta Penduduk Indonesia Terupdate Versi Kemendagri. dukcapil.kemendagri.go.id.," 2022. <https://dukcapil.kemendagri.go.id/berita/baca/1032/273-juta-penduduk-indonesia-terupdate-versi-kemendagri> (accessed Nov. 07, 2022).

[2] Purwanto, *Listrik Dari Mikrohidro Dalam Konteks Pengembangan Energi Terbarukan Di Indonesia*. 2017.

[3] A. Akhmad, "Pln Petakan potensi program Elektrifikasi di Sektor Pertanian, HEMAT Hingga 80 persen," 2022. <https://bisnis.tempo.co/read/1619945/pln-petakan-potensi-program-elektrifikasi-di-sektor-pertanian-hemat-hingga-80-persen> (accessed Nov. 07, 2022).

[4] T. S. Rengma and P. M. V Subbarao, "Optimization of semicircular blade profile of Savonius hydrokinetic turbine using artificial neural network," *Renew. Energy*, vol. 200, no. October, pp. 658–673, 2022, doi: 10.1016/j.renene.2022.10.021.

[5] Rendi and H. Budi, "Pengaruh Kelengkungan Deflektor Turbin Savonius Modifikasi Untuk Turbin Hidrokinetik," *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 16–25, 2022, doi: 10.31602/al-jazari.v7i1.7106.

[6] G. Gunawan, D. Suanggana, Y. Tonce, and K. Priyanto, "Effect of Deflector Angle Into Various Blades Configuration of Single Stage Vertical Axis Savonius Hydro Turbine Performance," vol. VI, no. 2, pp. 1–6, 2020.

[7] B. D. Altan, M. Atilgan, and A. Özdamar, "An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining," *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 32, no. 8, pp. 1673–1678, 2008, doi: 10.1016/j.expthermflu. sci.2008.06.006.