

# STUDI NUMERIK PENGARUH PERUBAHAN OBSTACLE SEGITIGA TERPASANG DI DEPAN RETURNING BLADE TERHADAP KINERJA DARRIEUS WIND TURBINE TIPE NACA 0015

Bachtiar<sup>1</sup>, Nopem Ariwiyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Bangunan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Surabaya Indonesia

Email: [bachtiar@gmail.com](mailto:bachtiar@gmail.com) [nopem.ppns@gmail.com](mailto:nopem.ppns@gmail.com)

## Abstrak

Angin merupakan salah satu sumber *renewable* terbaik dengan ketersediaan yang sangat melimpah. Penelitian ini menambahkan *obstacle* segitiga sama sisi diletakkan di depan sisi *returning blade* pada turbin *Darrieus*. *Obstacle* segitiga di depan *returning blade* diduga akan menurunkan drag sisi sudu *returning blade* dengan konsekuensi akan menurunkan torsi negatif dan akibatnya akan meningkatkan torsi total dan daya turbin *Darrieus*. Penelitian ini menggunakan metode numerik dengan menggunakan foil NACA 0015, panjang chord 20 cm, diameter *Darrieus* berukuran 800 cm, kecepatan angin 3 m/s. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan jarak *obstacle*  $y = 20$  cm, 40 cm dan 60 cm. Simulasi numerik menggunakan moving mesh dengan jenis turbulence model Reliazible k-epsilon (RKE). Simulasi numerik melakukan plotting terhadap koefisien torsi ( $C_m$ ) dan koefisien daya ( $C_p$ ) Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja terbaik pada  $y = 60$  cm dengan maksimum koefisien daya sebesar 0,377 pada TSR 1,535 atau meningkat sekitar 7,08%.

**Kata Kunci:** obstacle, Darrieus, returning blade, koefisien torsi, koefisien daya.

## Abstract

Wind is one of the best renewable sources with abundant availability. This study adds an obstacle equilateral triangle placed in front of the returning blade side of the Darrieus turbine. The obstacle triangle in front of the returning blade is expected to reduce the drag side of the returning blade with the consequence of lowering the negative torque and consequently increasing the total torque and power of the Darrieus turbine. This study uses a numerical method using NACA 0015 foil, chord length 20 cm, Darrieus diameter measuring 800 cm, wind speed 3 m / s. The study was conducted by varying the obstacle distance  $y = 20$  cm, 40 cm and 60 cm. Numerical simulations use a moving mesh with the type of turbulence Reliazible k-epsilon (RKE) model. Numerical simulation plots the torque coefficient ( $C_m$ ) and power coefficient ( $C_p$ ). The results of this study indicate that the best performance at  $y = 60$  cm with a maximum power coefficient of 0.377 on the TSR of 1.535 or an increase of about 7.08%.

**Keywords:** obstacle, Darrieus, returning blade, torque coefficient, power coefficient.

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, menuntut peneliti untuk mengembangkan penelitian dalam bidang *renewable energy*. Adapun yang termasuk *renewable energy* adalah energi arus laut, energi angin, energi gelombang dan lain-lain. Konsep yang diacu turbin merupakan tipe *drag*, permukaan *blade* yang ditumbuk aliran mengakibatkan rotor berputar. Sheldahl dkk, 1978 mempelajari turbin angin tipe vertikal aksial sebagai upaya dalam memperbaiki

kinerja dari turbin Savonius dengan memvariasikan overlap ratio dan jumlah bucket. Hasil penelitian menunjukkan kinerja terbaik pada overlap 0,1 – 0,15 dan jumlah 2 bucket. [1].

Turbin dapat digunakan sebagai kenyamanan manusia dan penghasil listrik. Kenyamanan manusia dengan menggunakan turbin ventilator telah diteliti oleh [2]. *Obstacle* yang dipasang di sisi depan *returning blade* akan menghasilkan *wake* yang bertekanan rendah dan kecepatan rendah pada sisi *downstream obstacle*. Hal ini akan berkontribusi menurunkan *drag* daerah sisi

*returning blade* dan *obstacle* mampu mengurangi torsi negatif dan mampu meningkatkan torsi total pada turbin dan konsekuensinya adalah akan meningkatkan daya turbin.

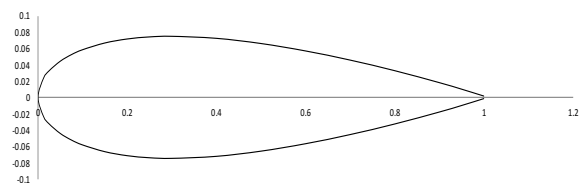
Penelitian mengenai *obstacle* telah dilakukan [3] tentang turbin savonius dengan menggunakan plat deflektor pada sisi sudu *advancing* agar mampu meningkatkan kinerja turbin Savonius modifikasi. Aliran yang melintasi sisi *advancing blade* berupa gaya *drag* akan meningkat dengan memasang 2 deflektor pada sisi depan *returning* dan samping *advancing blade*. Kemudian aliran yang cenderung menuju ke *returning blade* dikurangi akibat terhalang oleh plat sehingga selisih *drag* antara sudu *advancing* dan sudu *returning* semakin besar sehingga meningkatkan torsi total turbin. Sahim et al, [4] melakukan studi mengenai kombinasi turbin *Darrieus* dan *Savonius* atau lebih dikenal dengan nama *D-S Hybrid*, yang mana turbin *darrieus* telah digunakan sebagai turbin utama dan turbin *savonius* sebagai peralatan *start up* yang diletakkan pada sumbu yang sama. Turbin *Savonius* disusun 2 sudu semi sirkular. Plat deflektor diletakkan pada posisi *upstream* terhadap aliran fluida pada sisi depan *returning blade*. Tujuan dari deflektor ini adalah untuk menurunkan torsi balik atau negatif pada sisi *returning blade*. Studi eksperimen ini dilakukan dengan 2 posisi plat deflektor pada sisi *returning blade* dari rotor kombinasi yaitu pada sudut  $\beta = 0^\circ$  (tanpa deflektor) dan sudut  $\beta = 9^\circ$  dengan deflektor. Deflektor memiliki dimensi panjang 100 cm. Rotor *Darrieus* yang diuji dengan diameter 400 mm, chord length  $c = 125$  mm dan panjang lengan 600 mm. Foil yang digunakan eksperimen adalah jenis NACA 0015 karena *drag* yang dihasilkan rendah apabila dibandingkan dengan sudu yang memiliki chord lebih tebal. Studi tentang simulasi numerik telah banyak dilakukan dengan menggunakan simulasi 2D, dimana hasilnya dapat diterima dengan baik sebagai desain parameter [5-10]. Setiawan [9], [10] melakukan studi numerik dengan

menggunakan *obstacle* berupa silinder sirkular dan menghasilkan peningkatan kinerja turbin Savonius.

Berdasarkan paparan di atas, maka dalam studi ini akan dilakukan penelitian turbin angin tipe *Darrieus* jenis foil NACA 0015 dengan menggunakan *obstacle* berupa segitiga dipasang di depan sudu *returning* untuk meningkatkan kinerja *Darrieus Wind Turbine*. Modifikasi dilakukan dengan memvariasikan jarak *obstacle* ( $y$ ) sebesar 20 cm, 40 cm dan 60 cm. Jumlah rotor yang digunakan adalah sebanyak 2 buah dengan menggunakan input kecepatan angin sebesar 3 m/s.

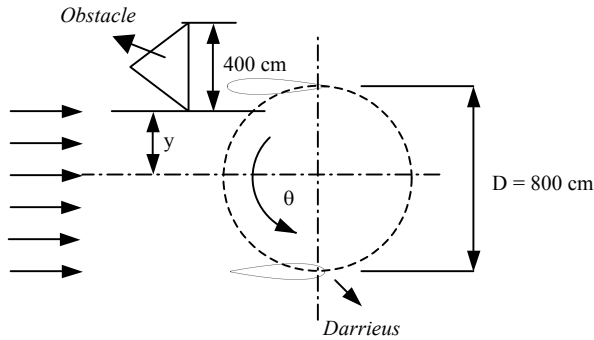
## 2. SIMULASI NUMERIK

*Darrieus* yang digunakan pada simulasi numerik ini adalah airfoil NACA 0015 seperti yang terlihat pada Gambar 1. Sedangkan *obstacle* segitiga yang diletakkan pada sisi depan *returning blade* seperti ditunjukkan pada Gambar 2 dan domain simulasi numerik ditunjukkan seperti pada Gambar 3.

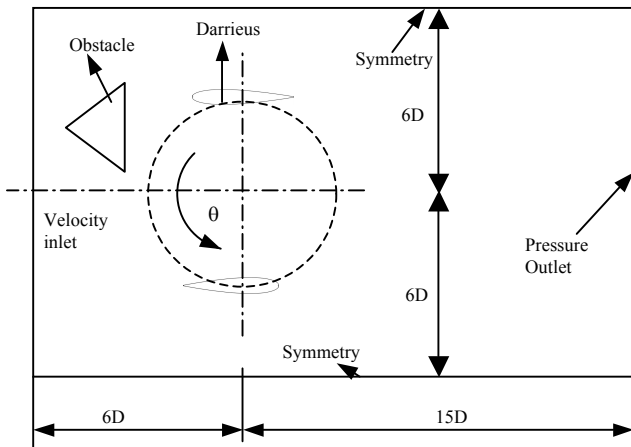


Gambar 1. Foil NACA 0015

Domain numerik terdapat *rotating domain* dan *fixed domain* yang dapat ditunjukkan pada Gambar 4. Inlet sebagai *velocity inlet* dengan kecepatan 3 m/s, *upper side* dan *lower side* sebagai *symmetry* untuk menghindari pengaruh wall terhadap model *Darrieus*. Turbin *Darrieus* dan *obstacle* segitiga sebagai wall. Pada moving mesh, *darrieus* sebagai moving dan kondisi *transient*. Lingkaran sebagai interface yang menyatukan daerah rotasi dan daerah stasioner. Dimensi dari simulasi numerik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peletakan obstacle pada sisi returning blade



Gambar 3. Domain simulasi numerik

Turbin Darrieus berputar selama 360° mulai dari posisi awal yang kembali ke posisi semula relatif terhadap pusat sumbu dalam mencapai 1 putaran. Time step size (TSS) merepresentasikan perubahan sudut dalam satu putaran dan number of time step (NTS) merepresentasikan jumlah total time step dalam satu putaran turbin.

Persamaan matematika number of the time step (NTS) dan time step size (TSS) dapat ditulis sebagai berikut;

$$NTS = N \frac{360}{\theta} \tag{1}$$

$$TSS = \frac{N}{0.15915 \omega \times \text{Number of time step}} \tag{2}$$

Dimana N adalah jumlah rotasi per menit,  $\theta$  adalah increment angle,  $\omega$  adalah kecepatan rotasi turbin (rad/s) dan 0.15915 adalah konstanta. Persamaan dari TSR (tip speed ratio), koefisien torsi ( $C_m$ ), koefisien daya ( $C_p$ ) dapat ditulis sebagai berikut:

$$TSR = \frac{\omega \cdot D}{2 \cdot U} \tag{3}$$

$$C_m = \frac{T}{\frac{1}{4} \rho A_s D U^2} \tag{4}$$

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho A_s U^3} \tag{5}$$

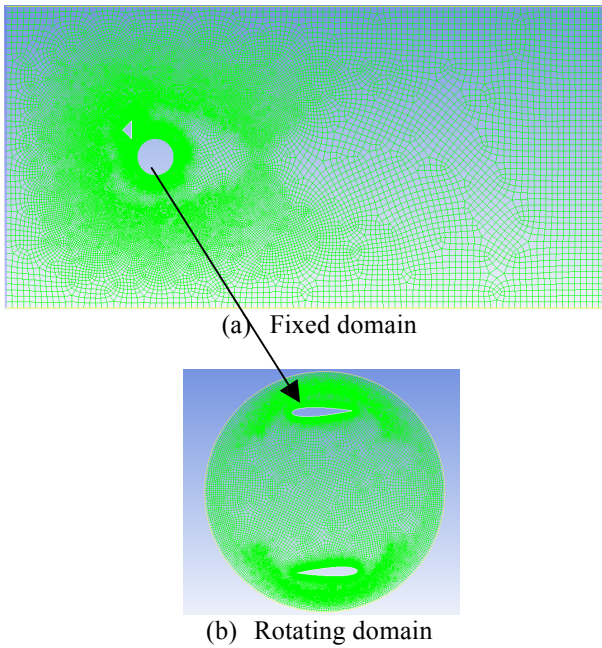
$$C_p = TSR \cdot C_m \tag{6}$$

Dimana  $\omega$  adalah kecepatan sudut, U adalah kecepatan free stream,  $A_s$  adalah luasan rotor, D adalah diameter turbin, P adalah daya turbin,  $C_p$  adalah koefisien daya atau kinerja, dan  $C_m$  adalah koefisien torsi.

Studi nemerik ini menggunakan kecepatan angin sebesar 3 m/s dan diameter Darrieus 800 mm. Input data dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Time step size (TSS) dan number of time step (NTS)

TSR	$\theta$	N (RPM)	w (rad/s)	NTS (s)	TSS (s)
0,484722222	1	50	5.233	18	0.00333513
1.116	1	80	8.373	28,8	0.00208445
1.535	1	110	11.513	39,6	0.00151597
1.954	1	140	14.653	50,4	0.00119112
2.372	1	170	17.793	61,2	0.00098092
2.791	1	200	20.933	72	0.00083378



Gambar 4. Meshing simulasi numerik

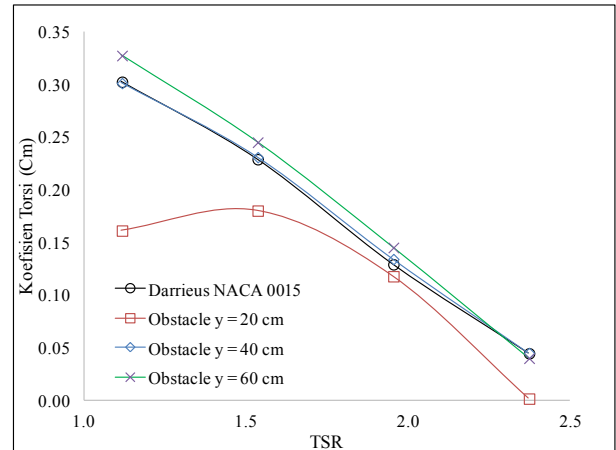
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini akan dibahas mengenai koefisien torsi, koefisien daya dan koefisien torsi dinamik dengan memvariasikan posisi obstacle  $y = 20\text{ cm}$ ,  $40\text{ cm}$  dan  $60\text{ cm}$ .

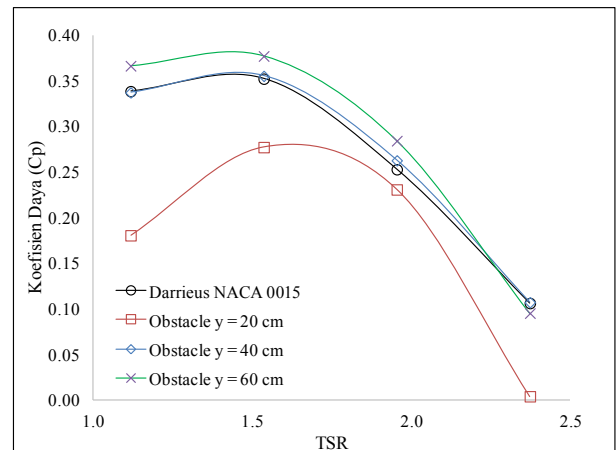
#### 3.1 Koefisien Tors Dan Koefisien Daya

Grafik koefisien torsi terhadap perubahan tip speed ratio (TSR) dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil dari post processing ANSYS 17.0 ditampilkan pada Gambar 5 dengan memvariasikan jarak *obstacle*  $y$  sebesar  $20\text{ cm}$ ,  $40\text{ cm}$  dan  $60\text{ cm}$ . Studi ini melihat pengaruh posisi obstacle segitiga  $y$  divariasikan pada  $20\text{ cm}$ ;  $40\text{ cm}$  dan  $60\text{ cm}$  terhadap kinerja turbin Darrieus. Pada perubahan  $y$  menunjukkan terjadinya penurunan koefisien torsi (Cm) pada  $y = 20\text{ cm}$ . Hal ini menunjukkan fluid dari *upstream* dihambat oleh *obstacle* sehingga mengurangi momentum aliran dan koefisien torsi menurun dibawah Darrieus tanpa *obstacle*. Sedangkan ketika  $y = 40\text{ cm}$  mengalami peningkatan kinerja yang tidak signifikan. Namun ketika  $y = 60\text{ cm}$  menunjukkan peningkatan koefisien

torsi jika dibandingkan dengan Darrieus tanpa *obstacle*.



Gambar 5. Grafik koefisien torsi terhadap tip speed ratio (TSR)



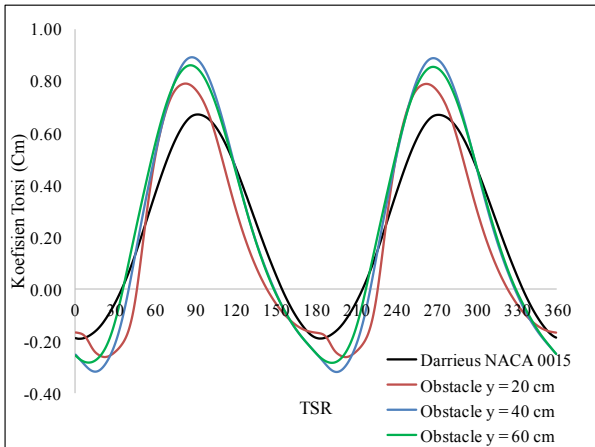
Gambar 6. Grafik koefisien daya terhadap tip speed ratio (TSR)

Grafik koefisien daya terhadap tip speed ratio (TSR) ditunjukkan pada Gambar 6. Koefisien daya disebut sebagai kinerja turbin pada kurva yang ditampilkan tersebut. Kinerja paling rendah terjadi pada perubahan obstacle  $y = 20\text{ cm}$ . Sedangkan pada posisi obstacle  $y = 40\text{ cm}$  menunjukkan tren kurva yang mirip dengan Darrieus tanpa obstacle. Hal ini menunjukkan bahwa obstacle mempengaruhi turbin namun memiliki nilai koefisien daya rata-rata yang mendekati sama dengan darrieus tanpa obstacle. Hal ini dapat dilihat pada grafik koefisien torsi dinamik yang ditunjukkan pada Gambar 5. Kinerja meningkat pada posisi obstacle  $y = 60\text{ cm}$ . Hal

ini dapat dilihat tren kurva, tren koefisien daya untuk posisi obstacle  $y = 60$  cm diatas Darrieus tanpa obstacle.

### 3.2 Koefisien Tors Dinamik

Grafik koefisien torsi dinamik terhadap tip speed ratio (TSR) ditunjukkan pada Gambar 7. Tren kurva koefisien torsi dinamik menunjukkan koefisien torsi menurun pada sudut sudu  $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$  dengan penambahan *obstacle*. Pemasangan *obstacle* menunjukkan peningkatan koefisien torsi yang sangat signifikan pada range  $30^{\circ} - 120^{\circ}$ . Puncak grafik maksimum pada posisi obstacle  $y = 40$  cm, namun secara nilai rata-rata lebih besar pada posisi obstacle  $y = 60$  cm.



**Gambar 7.** Grafik koefisien torsi dinamik terhadap tip speed ratio (TSR)

### 3.3 Peningkatan kinerja turbin Darrieus

Untuk melihat pengaruh pemasangan obstacle pada posisi tertentu, perlu dilakukan perhitungan kenaikan koefisien daya (%). Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kenaikannya adalah negatif. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja Darrieus pada obstacle  $y = 20$  cm mengalami penurunan dibandingkan dengan Darrieus tanpa pemasangan *obstacle*. Apabila dibandingkan dengan Tabel 3, pemasangan *obstacle* pada  $y = 40$  cm mengalami peningkatan meskipun tidak signifikan atau dengan kata lain, pemasangan *obstacle* pada  $y = 40$  cm tidak mempengaruhi

nilai rata-rata koefisien daya. Akan tetapi pada pemasangan obstacle  $y = 60$  cm mampu meningkatkan kinerja turbin puncak maksimum sampai 7,08 % yang dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 2.** Prosentase kenaikan koefisien daya pada perubahan obstacle  $y = 20$  cm

TSR	Darrieus	obstacle $y = 20$ cm	% Kenaikan koefisien daya
1,116	0,338	0,18	-46,73
1,535	0,352	0,277	-21,32
1,954	0,253	0,23	-8,77
2,372	0,106	0,004	-96,61

**Tabel 3.** Prosentase kenaikan koefisien daya pada perubahan obstacle  $y = 40$  cm

TSR	Darrieus	obstacle $y = 40$ cm	% Kenaikan koefisien daya
1,116	0,338	0,337	-0,41
1,535	0,352	0,355	0,86
1,954	0,253	0,262	3,88
2,372	0,106	0,107	0,87

**Tabel 4.** Prosentase kenaikan koefisien daya pada perubahan obstacle  $y = 60$  cm

TSR	Darrieus	obstacle $y = 60$ cm	% Kenaikan koefisien daya
1,116	0,338	0,366	8,24
1,535	0,352	0,377	7,08
1,954	0,253	0,284	12,42
2,372	0,106	0,095	-10,35

## 4. KESIMPULAN

Hasil diskusi menyatakan bahwa penggunaan obstacle di depan returning blade mampu meningkatkan kinerja turbin darrieus dan hasil variasi obstacle terbaik pada  $y = 60$  cm dengan nilai puncak  $C_p = 0,377$  pada TSR 1,535 atau meningkat sekitar 7,08%.

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Menristekdikti) yang telah memberikan pendanaan untuk penelitian dosen pemula (PDP) tahun 2018.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. Altan and M. Atilgan, An experimental and numerical study on the improvement of the performance of Savonius wind rotor, *Energy Convers. Manag.*, 2008, vol. 49, pp. 3425-3432.
- [2] P. A. Setiawan dan T. Yuwono, The Effect Of Inner Fan Blade Angle To The Ventilation Rate Of The Turbine Ventilator, *Rekayasa Mesin*, 2018, vol. 9, no. 3, pp. 227-233.
- [3] G. Kailash, T. I. Eldho and S. V. Prabhu , Performance Study of Modified Savonius Water Turbine with Two Deflector Plates, *International Journal of Rotating Machinery*, 2012, Vol 2012, Article ID 679247, 12 pages, 2012.
- [4] K. Sahim, K. Ihtisan, D. Santoso and R. Sipahutar,. Experimental Study of Darrieus-Savonius Water Turbine with Deflector: Effect of Deflector on the Performance, *International Journal of Rotating Machinery*, 2014, Vol. 2014, 6 pages.
- [5] B. Altan and M. Atilgan, An experimental study on improvement of a Savonius rotor performance with curtaining, *Exp. Therm. Fluid Sci.* 2008, vo. 32, pp. 1673-1678.
- [6] B. S. Hyun, D. H. Choi, J. S Han and J. Y Jin, Performance Analysis and Design of Vertical Axis Tidal Stream Turbine, *Journal of Shipping and Ocean Engineering 2*, 2012, pp. 191-200.
- [7] V. R. Klapotocz, G.W. Rawlings, Y. Nabavi, M. Alidadi, Y. Li and S.M. Calisal, Numerical and experimental investigation of a ducted vertical axis tidal current turbine, *Proceedings of the 7th European Wave and Tidal Energy Conference*, 2007, pp. 323-330.
- [8] L. Rosario, M. Stefano, M. Michele, 2D CFD modeling of H-Darrieus Wind turbine using a Transition Turbulence Model. *Energy Procedia 2014*, vol 45, pp. 131-140.
- [9] P. A. Setiawan, T. Yuwono, and W. A. Widodo, Numerical simulation on improvement of a Savonius vertical axis water turbine performance to advancing blade side with a circular cylinder diameter variations. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 2018, vol. 200, pp. 012-029.
- [10] P. A. Setiawan, T. Yuwono, and W. A. Widodo, Effect of a circular cylinder in front of advancing blade on the Savonius water turbine by using transient simulation. *International Journal of Mechanical and Mechatronics*, 2019, vol. 19, no. 01, pp. 151-159.