

STUDI EKSPERIMEN MODEL *WATER FLOW DEFLECTOR* UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA TURBIN ARUS LAUT TIPE VERTIKAL PADA KECEPATAN ARUS RENDAH

Experimental Study of Water Flow Deflector Model for Performance Enhancement of Vertical Type Ocean Current Turbine at Low Current Speed

Madi^{1,a}, Risfihan Rafi¹, Hasbiyalloh¹, Arif Ronaldo¹ dan Muhammad Mukti Asyidiqi²

¹Teknik Sistem Energi, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Jati Agung, Lampung, Indonesia

²Teknik Elektro, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Jati Agung, Lampung, Indonesia

e-mail: ^amadi@tse.itera.ac.id

Diterima: 07 Agustus 2021; Direvisi: 19 November 2021; Disetujui: 10 Desember 2021

Abstrak

Indonesia mempunyai potensi energi arus laut sebesar 17.989 MW yang telah diratifikasi oleh Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI) pada tahun 2014. Hasil survei tersebut menunjukkan bahwa kecepatan arus laut di Indonesia tergolong rendah, namun potensinya sangat besar. Potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal untuk menutupi kekurangan rasio elektrifikasi di Indonesia. Adapun dalam memanfaatkannya dibutuhkan teknologi turbin untuk mengkonversi menjadi energi listrik. Turbin yang dapat bekerja pada kecepatan arus rendah adalah tipe vertikal sudu lurus, namun efisiensi yang dihasilkan masih cukup rendah. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan performa turbin arus laut tipe vertikal dengan menambahkan *water flow deflector*. Prinsip kerja *deflector* berdasarkan Hukum Kontinuitas, dengan memperkecil luas permukaan input maka arus laut yang mengenai turbin akan meningkat sehingga menghasilkan putaran dan torsi yang lebih besar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen karena lebih mendekati dengan kondisi aktual. Hasil akhir penelitian ini telah menunjukkan bahwa, *water flow deflector* telah meningkatkan performa turbin sebesar 216,67%. Sehingga, *water flow deflector* sangat direkomendasikan untuk diterapkan di wilayah perairan Indonesia yang cenderung berkecepatan arus rendah.

Kata kunci: deflektor aliran air; peningkatan performa; turbin arus; kecepatan arus rendah

Abstract

Indonesia has a potential for ocean currents energy of 17,989 MW, which was ratified by the Indonesian Association of Marine Energy (ASELI) in 2014. The survey results show that the speed of ocean currents in Indonesia is low, but the potential is very large. This potential has not been optimally utilized to cover the shortfall in the electrification ratio in Indonesia. As for utilizing it, turbine technology is needed to convert it into electrical energy. Turbines that can work at low current speeds are vertical straight blade types, but the resulting efficiency is still quite low. So, this study aims to improve the performance of the vertical type ocean current turbine by adding a *water flow deflector*. The working principle of the deflector is based on the Law of Continuity, which by reducing the input surface area, the ocean currents that hit the turbine will increase, resulting in greater rotation and torque. The method used in this research is experimental because it is closer to actual conditions. The final result of this research has shown that, the *water flow deflector* has increased the turbine performance by 216,67%. Thus, a *water flow deflector* is highly recommended to be applied in

Indonesian waters which tend to have low current speeds.

Keywords: *water flow deflector; performance enhancement; current turbine; low current speed*

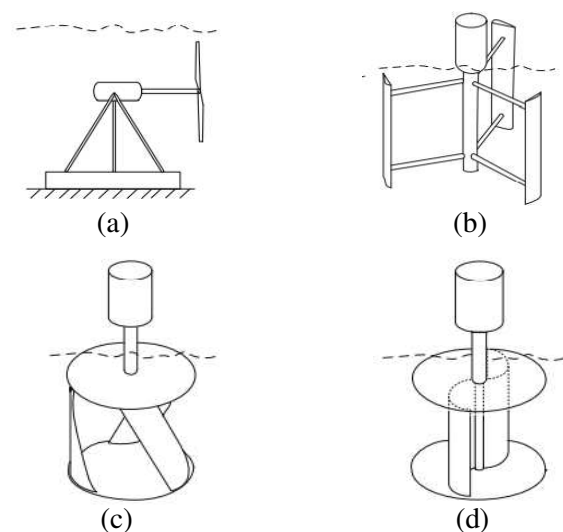
PENDAHULUAN

Asosiasi Energi Laut Indonesia (ASELI) pada tahun 2014 telah memberikan hasil ratifikasi potensi energi arus laut sebesar 17.989 MW. Potensi tersebut tergolong pada kecepatan arus rendah yang dapat ditemukan di berbagai wilayah selat antar pulau seperti, di Selat Riau, Boleng, dan Mansuar, yang masing-masing mempunyai kecepatan arus sebesar 1,39, 1,5, dan 1,79 m/s (Satrio, et al., 2018). Namun potensi energi arus laut di Indonesia sampai detik ini belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal rasio elektrifikasi di Indonesia belum mencapai 100%. Adapun dalam pemanfaatannya dapat menggunakan turbin yang merupakan salah satu teknologi utama yang digunakan untuk menghasilkan listrik selain generator (Madi, et al., 2019). Komponen utama dalam turbin adalah *blade* yang merupakan bagian paling kritis dari karena digunakan untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik (Madi, et al., 2021). Turbin yang digunakan saat ini beroperasi pada arus tinggi, sehingga tidak dapat serta-merta diterapkan di Indonesia (Madi, et al., 2021).

Turbin dapat dikelompokkan menjadi dua tipe berdasarkan sumbu berputarnya yaitu, horizontal dan vertikal (Khan, et al., 2009 dan Duvoy & Toniolo, 2012). Turbin Horizontal (Gambar 1(a)) dapat menangkap aliran dari satu arah yang paling dominan, sehingga jika ada arah aliran yang tidak dominan performanya menjadi menurun. Turbin Vertikal dapat menangkap aliran dari berbagai macam arah, sehingga performanya akan tetap stabil walaupun alirannya dari berbagai macam arah (Kirke & Lazauskas, 2011; (Zeiner-Gundersen, 2015; Bachant & Wosnik, 2015; Satrio, et al., 2018). Adapun karakteristik arus laut mengalir dari berbagai macam arah baik vertikal, horizontal, dan diagonal. Sehingga, tipe turbin yang baik digunakan untuk arus laut adalah tipe vertikal.

Turbin Vertikal secara umum terdiri atas dua bentuk yaitu, *blade* lurus dan *blade* spiral. *Blade* lurus

pertama kali ditemukan oleh Darrieus, sehingga biasa dikenal dengan Turbin Darrieus (Gambar 1(b)). *Blade* spiral pertama kali ditemukan oleh Savonius, sehingga biasa dikenal dengan Turbin Savonius (Gambar 1(c)). Berdasarkan performanya, Turbin Darrieus mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan Turbin Savonius (Akwa, et al., 2012). Sehingga, penelitian ini memilih Turbin Darrieus.



Gambar 1. Jenis-jenis turbin (a) Horizontal; (b) Darrieus; (c) Gorlov; (d) Savonius (Khan, et al., 2009)

Perkembangan penelitian peningkatan performa Turbin Darrieus telah dilakukan oleh beberapa peneliti dunia, salah satunya adalah Gorlov. Turbin Darrieus dari sudu lurus dirubah menjadi sudu heliks (Gambar 1(d)) dan menunjukkan peningkatan performa sebesar 35% (Gorlov, 1998). Namun, berdasarkan dari perkembangan beberapa penelitian akhir-akhir ini, perbandingan performa Turbin Darrieus dan Gorlov menyatakan bahwa efisiensi yang dihasilkan sama yaitu, sebesar 25% (Winchester & Quayle, 2009). Perkembangan selanjutnya menyatakan bahwa Turbin Darrieus memiliki efisiensi yang tinggi dibandingkan Turbin Gorlov, masing-masing sebesar 27% dan 25% (Marsh, et al., 2015). Hasil eksperimen juga telah dilakukan perbandingan performa Turbin Darrieus dan Gorlov,

masing-masing sebesar 25% dan 15% (Hantoro, et al., 2018). Namun, bagaimanapun Turbin Darrieus memiliki efisiensi yang lebih kecil dari Turbin Horizontal (Akwa, et al., 2012). Sehingga, peningkatan performa Turbin Darrieus menjadi tantangan bagi peneliti terutama pada kecepatan arus rendah. Dalam desain Turbin Darrieus sangat dipengaruhi dengan pemilihan jenis foil. Adapun foil dengan performa paling baik adalah tipe simetris NACA 0018 (Mohamed, 2012).

Peningkatan performa turbin secara umum dapat dilakukan dengan penambahan komponen *deflector*. Prinsip kerja dari *deflector* ini adalah dengan menggunakan Hukum Kontinuitas mekanika fluida, arus laut yang datang akan ditekan lebih dulu sebelum mengenai turbin. Sehingga arus laut yang mengenai turbin akan menjadi lebih cepat. *Deflector* pada penelitian sebelumnya menggunakan model satu arah, sehingga efisiensi yang dihasilkan tidak akan meningkat jika aliran datang dari arah aliran yang berbeda (Golecha, et al., 2011; Mosbahi, et al., 2021; Sahim, et al., 2015). Adapun inovasi dalam penelitian ini menggunakan *deflector* dari berbagai macam arah yang mengelilingi rotor turbin, sehingga dapat menerima dari berbagai macam arah aliran arus dan efisiensi yang dihasilkan dapat menjadi lebih baik.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen. Adapun yang perlu diperhatikan dalam eksperimen yaitu, geometri, fabrikasi, pengujian, dan pengolahan data.

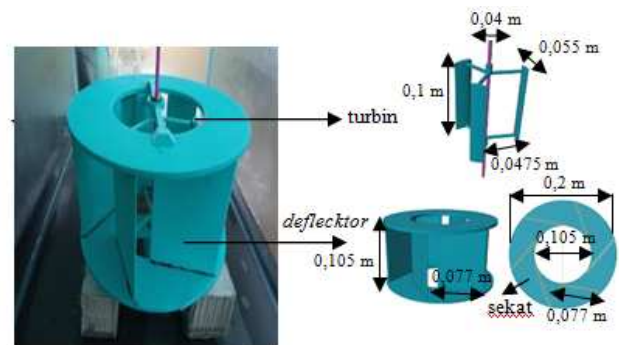
Geometri Turbin dan Deflector

Geometri turbin dan *deflector* yang digunakan dalam penelitian ini dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Fabrikasi Turbin dan Deflector

Turbin yang didesain pada penelitian ini adalah tipe Darrieus 3 *blade* yang terletak pada bagian tengah deflektor. Turbin dan *deflector* dibuat dengan bahan filamen PLA plus menggunakan printer 3D. Hasil fabrikasi turbin dan *deflector* dapat ditunjukkan

pada Gambar 2.



Gambar 2. Geometri turbin dan *deflector*

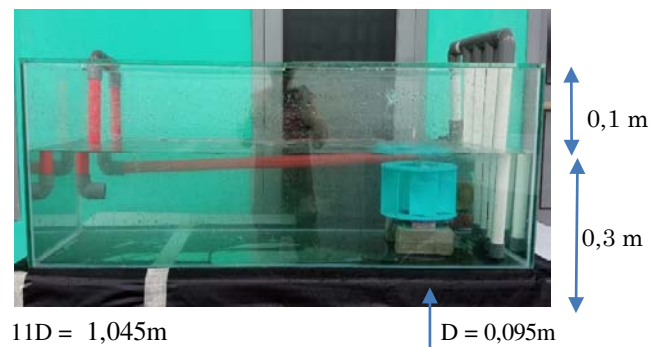
Tabel 1. Geometri turbin dan *deflector*

Geometri	Dimensi
Jari-jari turbin	0,0475 m
Tinggi turbin	0,1 m
Lebar blade	0,055 m
Diameter poros	0,04 m
Diameter turbin	0,095 m
Tinggi poros	0,2 m
Jari-jari lengan	0,04 m
Luas turbin	0,0095 m ²
Jumlah blade	3 blade
Diameter <i>deflector</i> dalam	0,105 m
Diameter <i>deflector</i> luar	0,2 m
Tinggi <i>deflector</i>	0,113 m
Jumlah sekat <i>deflector</i>	6 sekat
Sudut sekat <i>deflector</i>	50 derajat
Tinggi sekat <i>deflector</i>	0,105 m
Panjang sekat <i>deflector</i>	0,0777 m

Pengambilan Data Eksperimen

Pengambilan data eksperimen dilakukan dengan membandingkan turbin tanpa *deflector* dan turbin dengan *deflector* di dalam *water tunnel*. Posisi peletakan turbin terhadap kecepatan input *water tunnel* sebesar diameter turbin (D). Adapun peletakan

turbin di dalam *water tunnel* dapat ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sistem pengujian turbin

Pengolahan Data

Tabel 2. Data kecepatan arus

No	Jarak (cm)	Waktu (s)	Kecepatan (cm/s)	Kecepatan (m/s)
1	50	1,66	30,12	0,30
2	50	1,78	28,09	0,28
3	50	1,58	31,65	0,32
4	50	2,07	24,15	0,24
5	50	1,84	27,17	0,27
6	50	1,58	31,65	0,32
7	50	1,89	26,46	0,26
8	50	1,5	33,33	0,33
9	50	1,8	27,78	0,28
10	50	1,95	25,64	0,26
Rata - rata kecepatan arus (m/s)				0,29

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan *Ms. Excel*. Adapun, data eksperimen yang telah diperoleh menggunakan *tachometer non-contact* adalah, putaran turbin dalam satuan rotasi per menit (RPM). Adapun perhitungan daya dan efisiensi dapat menggunakan persamaan (1), digunakan untuk menghitung daya potensi arus (P_a), dengan diketahui massa jenis air (ρ) sebesar 1000 kg/m^3 , kecepatan

arus (V) $0,29 \text{ m/s}$ yang didapat dari hasil pengukuran.

$$P_a = \frac{1}{2} \rho V^3 \quad (1)$$

Adapun daya turbin (P_t) dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (2), dengan diketahui luas turbin (A) sebesar $0,0095 \text{ m}^2$, jari-jari turbin (R) sebesar $0,0475 \text{ m}$, dan jumlah putaran turbin (n) adalah RPM.

$$P_t = \frac{1}{2} \rho A V^3 R 2\pi n \quad (2)$$

Adapun efisiensi (η) turbin dapat ditunjukkan pada persamaan (3).

$$H = \frac{P_t}{P_a} \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kecepatan Arus

Kecepatan arus diukur dengan metode *drifter*. Adapun *drifter* menggunakan pipa polivinil klorida (PVC) dengan pemberat. *Drifter* diletakkan pada titik nol dari posisi kecepatan *inlet*. *Drifter* akan mengikuti pergerakan arus sepanjang (s) 50 cm . Selanjutnya data dicatat selama 10 kali untuk menghasilkan besaran waktu (t). Kecepatan arus didapat dari hasil pembagian jarak dengan waktu yang didapatkan. Adapun data kecepatan arus yang telah dikumpulkan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

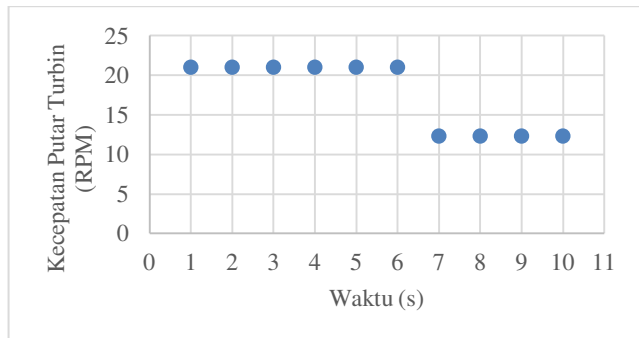
Berdasarkan persamaan (1), dengan kecepatan rata-rata $0,29$ maka dapat diperoleh daya potensi arus sebesar $12,2 \text{ watt}$.

Hasil Kecepatan Putar Turbin

Kecepatan putaran turbin diukur menggunakan *tachometer non-contact* pada kondisi putaran yang stabil. Data yang dihasilkan dalam satuan RPM, yang diambil selama sepuluh detik. Adapun hasil kecepatan putaran turbin terhadap waktu dapat ditunjukkan pada Gambar 4.

Gambar 4 telah menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan putaran turbin sebesar $17,52 \text{ RPM}$. Artinya, turbin mampu dapat berputar sebanyak $17,52$ kali dalam satu menit. Sehingga, daya turbin yang dihasilkan dengan menggunakan Persamaan (2)

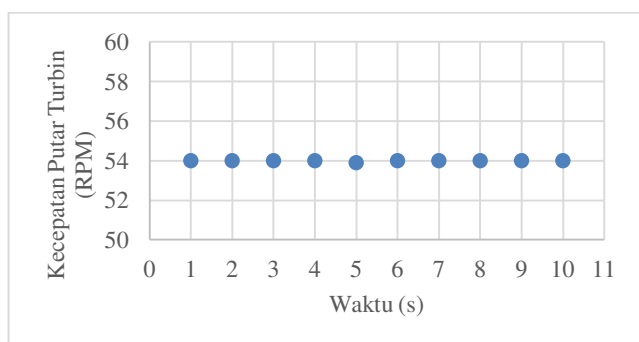
sebesar 6 watt. Artinya turbin telah mampu berputar pada kecepatan arus rendah, namun besarnya masih kecil dan butuh ditingkatkan.



Gambar 4. Kecepatan putar turbin

Hasil Kecepatan Putar Turbin dengan Deflector

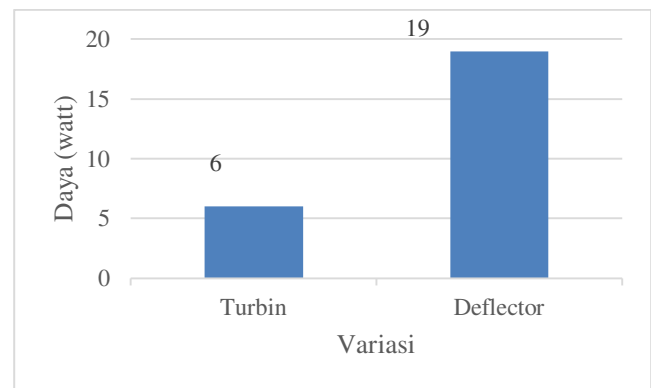
Gambar 5 telah menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan putaran turbin dengan *deflector* sebesar 54 RPM. Artinya, turbin dengan *deflector* dapat berputar sebanyak 54 kali dalam satu menit. Sehingga, daya turbin dengan *deflector* yang dihasilkan dengan menggunakan persamaan (2) sebesar 19 watt. Artinya, *deflector* mampu meningkatkan performa turbin pada kecepatan arus rendah sebesar 3,1 kali dari turbin tanpa *deflector*.


Gambar 5. Kecepatan putar turbin dengan *deflector*

Performa Daya Turbin dan Deflector

Performa daya turbin tanpa dan dengan *deflector* dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (2). Adapun daya yang diperoleh turbin tanpa *deflector* sebesar 6 watt, sedangkan turbin dengan *deflector* sebesar 19 watt. Artinya, *deflector* telah berhasil meningkatkan performa daya turbin sebesar 3,1 kali lebih tinggi (216,67%) dan dapat

ditunjukkan pada Gambar 6.


Gambar 6. Daya turbin dan *deflector*

KESIMPULAN

Studi eksperimen *water flow deflector* pada turbin arus laut tipe vertikal untuk kecepatan arus rendah telah berhasil dilakukan. Adapun hasilnya *deflector* mampu meningkatkan performa Turbin Darrieus sebesar 3,1 kali lebih tinggi (216,67%). Besarnya daya yang dihasilkan oleh turbin tanpa dan dengan *deflector* masing-masing sebesar 6 dan 19 watt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, yang telah mendanai Program Kreativitas Mahasiswa bidang Karsa Cipta (PKM-KC) dengan nomor surat 1949/E2/KN.MM.05.01/2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Akwa, J. V., Vielmo, H. A. & Petry, A. P. (2012). A Review on The Performance of Savonius Wind Turbine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 16(5): 3054-3064.
- Bachant, P. & Wosnik, M. (2015). Performance Measurements of Cylindrical and Spherical-helical Cross-flow Marine Hydrokinetic Turbines, with Estimates of Exergy Efficiency. *Renewable Energy*, Vol. 74: 318-325.
- Duvoy, P. & Toniolo, H. (2012). Hydrokal: A Module for in-stream Hydrokinetic Resource

-
- Assessment. *Computers & Geosciences*, Vol. 39: 171-181.
- Golecha, K., Eldho, T. I. & Prabhu, S. V. (2011). Influence of the Deflector Plate on the Performance of Modified Savonius Water Turbine. *Applied Energy*, Vol. 88(9): 3207-3217.
- Gorlov, A. (1998). *Development of Helical Reaction Hydraulic Turbine*, Washington DC: The US Department of Energy.
- Hantoro, R., Prananda, J., Mahmashani, A., Septyaningrum, E. & Imanuddin, F. (2018). *Performance Investigation of an Innovative Vertical Axis Hydrokinetic Turbine – Straight Blade Cascaded (VAHTSBC) for Low Current Speed*. IOP Conference Series: Journal of Physics: Conference Series 1022.
- Khan, M. J., Bhuyan, G., Iqbal, M. T. & Quaicoe, J. E. (2009). Hydrokinetic Energy Conversion Systems and Assessment of Horizontal and Vertical Axis Turbines for River and Tidal Applications: A Technology Status Review. *Applied Energy*, Vol. 86(10): 1823-1835.
- Kirke, B. K. & Lazauskas, L. (2011). Limitations of Fixed Pitch Darrieus Hydrokinetic Turbines and the Challenge of Variable Pitch. *Renewable Energy*, Vol. 36(3): 893-897.
- Madi, Rahmawati, S., Mukhtasor, Satrio, D. & Yasim, A. (2021). *Variation Number of Blades for Performance Enhancement for Vertical Axis Current Turbine in Low Water Velocity in Indonesia*. Surabaya, Proceedings of the 7th International Seminar on Ocean and Coastal Engineering, Environmental and Natural Disaster Management - ISOCEEN.
- Madi, Sasono, M. E. N., Hadiwidodo, Y. S. & Sujiatanti, S. H. (2019). *Application of Savonius Turbine Behind the Propeller as Energy Source of Fishing Vessel in Indonesia*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 588.
- Madi, Tuswan, Arirohman, I. D. & Ismail, A. (2021). Comparative Analysis of Taper and Taperless Blade Design for Ocean Wind Turbines in Ciheras Coastline, West Java. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, Vol. 18(1): 8-17.
- Marsh, P., Ranmuthugala, D., Penesis, I. & Thomas, G. (2015). Three-Dimensional Numerical Simulations of Straight-Bladed Vertical Axis Tidal Turbines Investigating Power Output, Torque Ripple and Mounting Forces. *Renewable Energy*, Vol. 83: 67-77.
- Mohamed, M. H. (2012). Performance Investigation of H-Rotor Darrieus Turbine with New Airfoil Shapes. *Energy*, Vol. 47(1): 522-530.
- Mosbahi, M., Elgasri, S., Lajnef, M., Mosbahi, B. & Driss, Z. (2021). Performance Enhancement of a Twisted Savonius Hydrokinetic Turbine with an Upstream Deflector. *International Journal of Green Energy*, Vol. 18(1): 51-65.
- Sahim, K., Santoso, D. & Sipahutar, R. (2015). Performance of Combined Water Turbine Darrieus-Savonius with Two Stage Savonius Buckets and Single Deflector. *International Journal of Renewable Energy Research*, Vol. 5(1): 217-221.
- Satrio, D., Utama, I. K. A. P. & Mukhtasor. (2018). *Performance Enhancement Effort for Vertical-Axis Tidal-Current Turbine in Low Water Velocity*. Asian Wave and Tidal Energy Conference.
- Winchester, J. D. & Quayle, S. D. (2009). *A Comparison of Darrieus and Gorlov-Type Turbines for Tidal Stream Energy Conversion*. Sweden, European Tidal and Wave Energy Conference.
- Zeiner-Gundersen, D. H. (2015). A Novel Flexible Foil Vertical Axis Turbine for River, Ocean, and Tidal Applications. *Applied Energy*, Vol. 151: 60-66.