

Simulasi *drag-type turbine* ditinjau dari pengaruh variasi sudut kelengkungan sudu untuk diaplikasikan dalam pipa air

Muh. Alwan Rosyidi¹, Syamsul Hadi², Dominicus Danardono²

¹Program Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta

²Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta
Email korespondensi: rosyidi.alwan@yahoo.com

Abstrak

Curah hujan yang tinggi dan bangunan bertingkat tinggi di daerah perkotaan merupakan faktor potensial penting dalam pengembangan energi alternatif. Konsep Horizontal Axis Water Turbine diusulkan sebagai media untuk menghasilkan energi listrik dengan kondisi head rendah. Penelitian ini fokus pada pengaruh berbagai sudut lengkung blade turbin tipe tabung dengan metode simulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja maksimum dari berbagai sudut lengkung sudu 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, dan 150°. Hasilnya adalah kinerja maksimum didapatkan pada sudut lengkung sudu 150° dengan nilai torsi 16,8 Joule.

Kata kunci: turbin tipe-drag, sudut kurvatur sudu, ansys cfx, turbin air sumbu horizontal.

Abstract

The high rainfall and the high-rise building in urban areas are important potential factor in developing the alternative energy. A concept of Horizontal Axis Water Turbine is proposed as a media to generate the electrical energy with low head condition. This research focuses on the effect of various blade curvature angle on Drag-type Turbine with simulation method. The purpose of this research is to find the maximum performance from a various blade curvature angle of 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, and 150°. The result is the maximum performance obtain at blade curvature angle 150° with torque value 16,8 Joule.

Keywords: drag-type turbine, blade curvature angle, ansys cfx, horizontal axis water turbine.

1. Pendahuluan

Istilah *Drag-Type Turbine* banyak ditemukan dalam kajian-kajian tentang turbin angin. Turbin angin diklasifikasikan menjadi 2 jenis tipe. Pertama adalah turbin dengan tipe *drag* yang disebut juga dengan *savonius turbine*. Kedua adalah turbin dengan tipe *Lift* yang lebih dikenal dengan istilah *darrieus turbine*. turbin savonius disebut dengan *Drag-Type Turbine* karena memanfaatkan gaya *drag* untuk menggerakkan turbin.

Pengaplikasian turbin savonius maupun turbin darrieus dalam media air menjadi hal yang baru dalam perkembangan turbin air [1-8]. Dari hasil penelitian, turbin savonius yang diaplikasikan ke dalam air mampu menghasilkan efisiensi yang lebih besar dibandingkan dengan turbin savonius pada media angin [6]. Momentum air yang lebih besar jika dibandingkan dengan angin mengakibatkan potensi daya yang dihasilkan oleh air jauh lebih besar. Selain itu, pemakaian turbin savonius pada *Wave Channel Test* diteliti untuk melihat pengaruh variasi sudut kelengkungan sudu dan jarak antar rotor akibat reaksi dari hantaman gelombang air [7]. Untuk memonitor kebocoran pipa pada perusahaan air minum, turbin dengan tipe *drag* digunakan untuk menggerakkan sebuah generator dalam upaya memenuhi pasokan

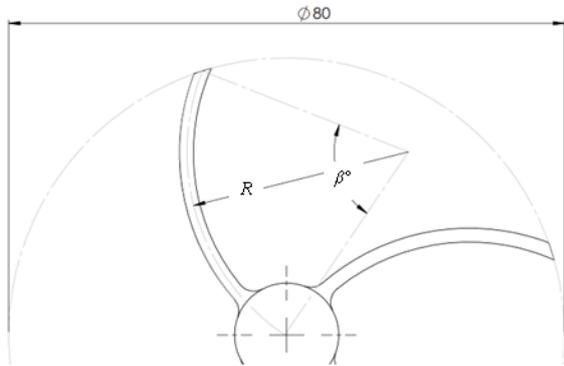
listrik yang digunakan dalam memonitor kebocoran pipa tersebut [8]. Sudut kelengkungan sudu dapat mempengaruhi performa dari rotor savonius [7, 9]. Variasi sudut kelengkungan sudu 60°, 65°, 70°, 76°, 80°, 85°, dan 90° diuji pada *Wave Channel Test* untuk mencari sudut kelengkungan sudu yang optimal [7]. Turbin angin savonius yang dimodifikasi diteliti pada variasi sudut kelengkungan sudu 110°, 124°, 135° dan 150°. Performa optimal terdapat pada sudut kelengkungan sudu 124° [9]. Pemodelan 2D dengan menggunakan ANSYS-CFX pada turbin angin savonius yang dimodifikasi tersebut juga telah dilakukan untuk melihat fenomena-fenomena yang terjadi dari hasil simulasi [10].

Sebuah penelitian tentang *Horizontal Axis Water Turbine* (HAWT) diajukan sebagai konsep dalam penerapan *Green Building*. Dasar dari penelitian ini adalah potensi curah hujan di wilayah perkotaan Indonesia yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga air skala piko. Pengujian secara eksperimental pada *Horizontal Axis Water Turbine* (HAWT) dengan tipe *drag* akan dilakukan untuk melihat pengaruh variasi sudut kelengkungan sudu terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh generator. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari daya maksimal yang dihasilkan oleh generator ditinjau dari variasi sudut kelengkungan

sudu dari hasil eksperimentasi. Sebelum dilakukan pengujian tersebut, simulasi diperlukan langkah awal dalam menentukan variasi sudut kelengkungan sudu yang akan digunakan dalam uji eksperimen.

2. Metode

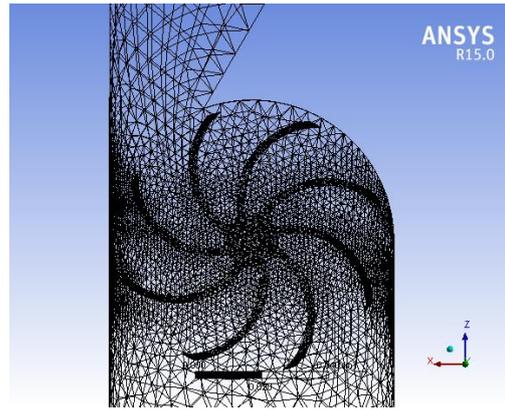
Sebelum dilakukannya proses simulasi, langkah awal yang dilakukan adalah membuat desain dari turbin berdasarkan dari variasi sudut kelengkungan sudu. Sudut kelengkungan sudu dicari dengan menggunakan prinsip sudut busur lingkaran. Dimana titik pusat lingkaran digunakan sebagai titik pertemuan antara dua garis yang akan membentuk sudut kelengkungan sudu [9]. Gambar 1 merupakan skema dari desain sudut busur. Sudut busur (ditulis dengan notasi B°) menjelaskan tentang variasi sudut kelengkungan sudu yang dijadikan bahan penelitian. R adalah radius dari kelengkungan sudu. Diameter rotor keseluruhan adalah tetap yaitu 80 mm.



Gambar 1. Skema sudut busur pada sudu rotor turbin.

Adapun variasi sudut kelengkungan sudu rotor yang digunakan dalam simulasi ini adalah mulai dari 40°, 45°, 50°, 55°, 60°, dan seterusnya sampai 150°. Rotor tersebut akan dipasang dalam sebuah pipa air dengan diameter dalam pipa 82 mm dan juga terdapat *blocking system* untuk mengarahkan fluida air ke sudu.

Simulasi dilakukan menggunakan software ANSYS-CFX. Dalam simulasi tersebut, *mesh* diatur menggunakan *Patch Conforming Method* ditambah pemodifikasian pada *sizing* dengan *Proximity and Curvature* yang hasilnya seperti yang terlihat pada Gambar 2.

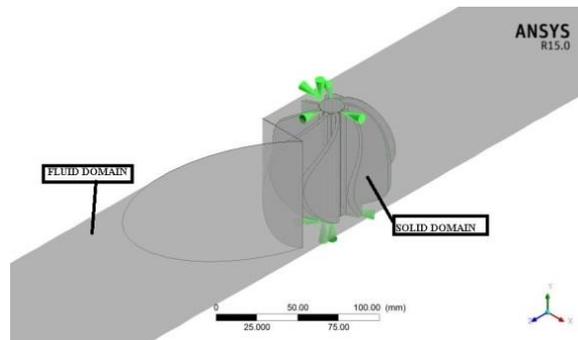


Gambar 2. Mesh.

Dengan pengaturan *mesh* tersebut menghasilkan jumlah node dan jumlah elemen seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah node, elemen, dan tetrahedra dari variasi sudut kelengkungan sudu.

Blade Curvature Angle [°]	Number of Nodes	Number of Elements	Tetrahedra
100	98908	464944	464944
110	100265	471176	471176
120	101862	477838	477838
130	101727	475873	475873
140	103573	483218	483218
150	106044	493998	493998



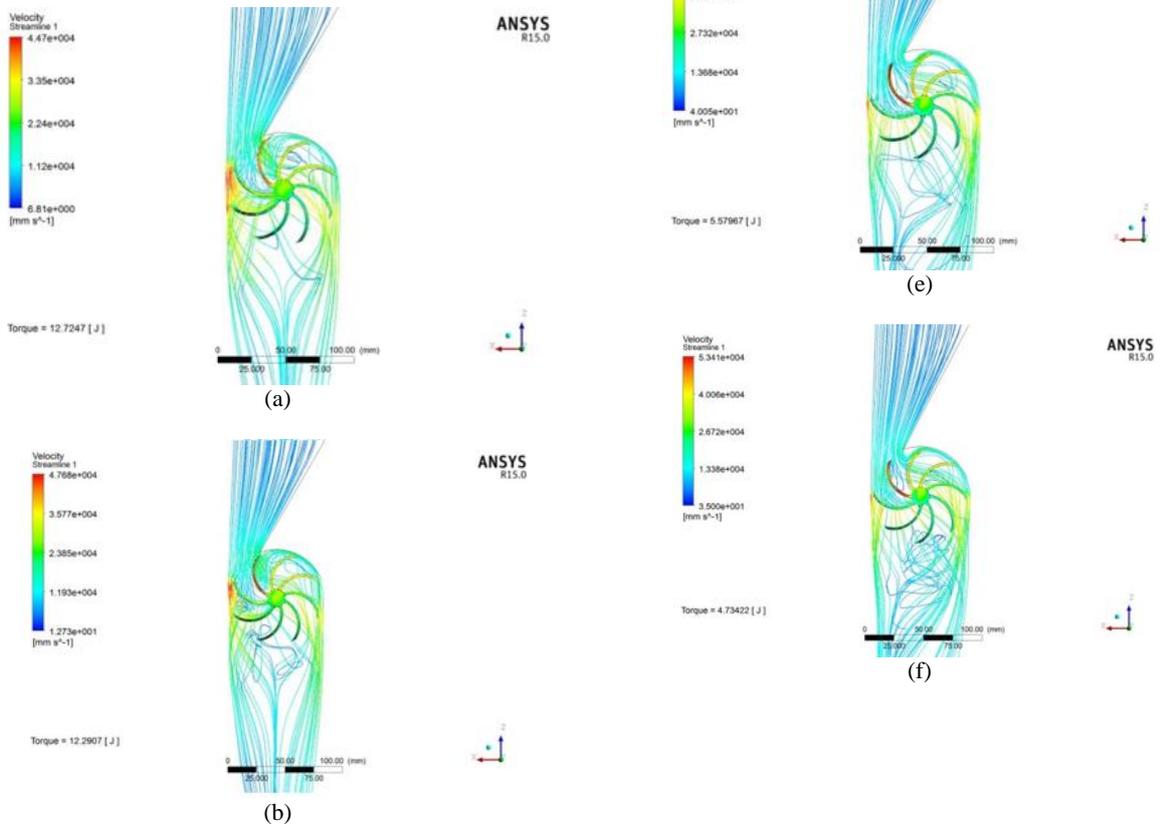
Gambar 3 Domain drag-type turbine.

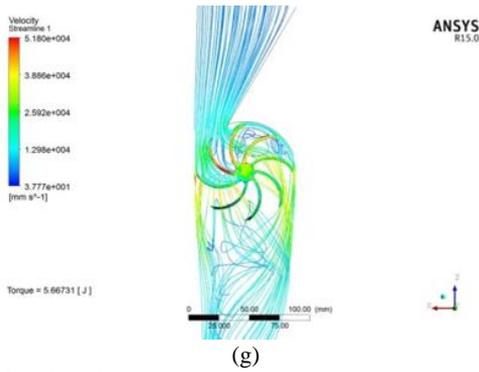
Proses simulasi ini menggunakan 2 tipe *domain*. Fluida air diseting sebagai *fluid domain* dan rotor sebagai *solid domain* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Adapun parameter-parameter yang dimasukkan dalam CFX-Pre ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter-parameter yang dimasukkan dalam CFX-Pre.

<i>FLUID DOMAIN</i>	
1. Inlet	
Tipe Boundary	Inlet
Kecepatan	5 m/s
Jenis Turbulensi	Medium (Intensity = 5%)
2. Outlet	
Tipe Boundary	Opening
Nilai tekanan	1 atm
Arah aliran	Normal to Boundary Condition
Jenis Turbulensi	Medium (Intensity = 5%)
3. Wall	
Tipe Boundary	Wall
Kondisi Wall	No slip wall
Kekasaran Wall	Smooth Wall
<i>SOLID DOMAIN</i>	
Material	Aluminium
Domain motion	Rotating
Angular Velocity	50 rad/s

3. Hasil dan Pembahasan

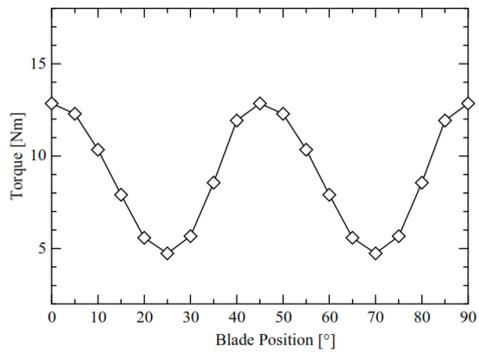




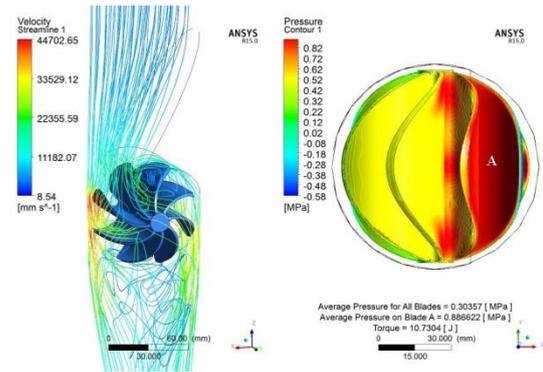
(g)

Gambar 4. Simulasi *drag-type turbine* pada sudut kelengkungan sudu 120° berdasarkan perubahan posisi sudu (a) 0°, (b) 5°, (c) 10°, (d) 15°, (e) 20°, (f) 25°, (g) 30°, (h) 35°, dan (i) 40°.

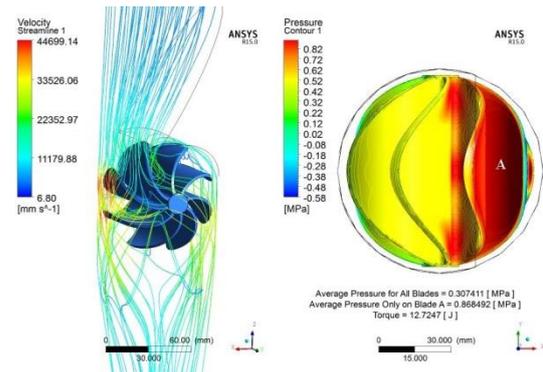
Gambar 4 menjelaskan tentang perubahan posisi sudu dari *drag-type turbine* pada sudut kelengkungan sudu 120°. Dalam simulasi tersebut diamati berbagai macam perubahan posisi mulai dari 0° sampai 40°.



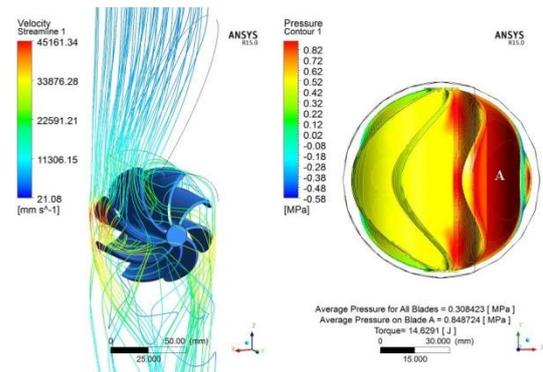
Gambar 5. Nilai torsi pada tiap-tiap posisi sudu dari proses simulasi.



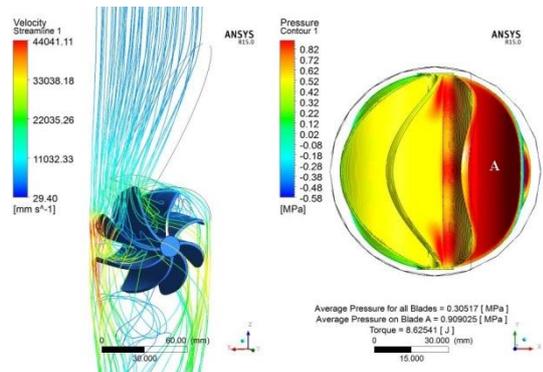
(b)



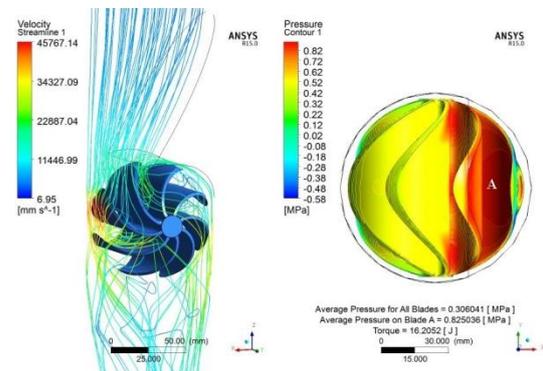
(c)



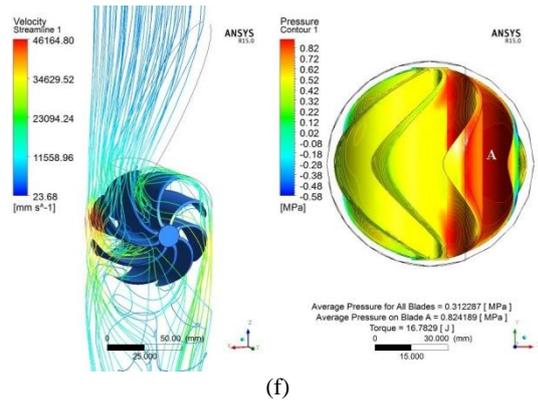
(d)



(a)

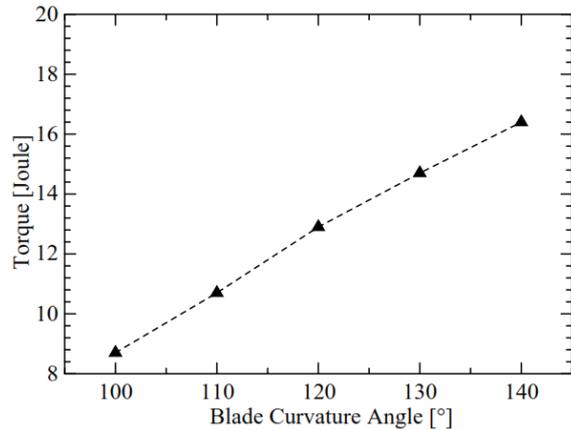


(e)



Gambar 6. Simulasi *drag-type turbine* dengan variasi sudut kelengkungan sudu (1) 100°, (2) 110°, (3) 120°, (4) 130°, (5) 140°, (6) 150°.

Simulasi *drag-type turbine* dengan variasi sudut kelengkungan sudu 100°, 110°, 120°, 130°, 140°, dan 150° dipaparkan dalam Gambar 6. Dalam gambar tersebut terdapat 2 kategori dalam proses *ploting* yaitu *streamline* kecepatan fluida dan kontur tekanan pada rotor. Pada *streamline* kecepatan, kecepatan aliran fluida paling tinggi terdapat pada celah antara ujung sudu dengan permukaan dinding pipa. Pada sudut kelengkungan sudu 100° diperoleh kecepatan maksimal sebesar 44 m/s. Pada sudut kelengkungan sudu 110° dihasilkan kecepatan maksimal yang lebih tinggi dari kecepatan pada sudut kelengkungan sudu 100° sebesar 44,7 m/s. Hal ini dikarenakan pada sudut kelengkungan 110° memiliki luasan celah yang lebih kecil dibandingkan pada sudut kelengkungan 100°. Ditinjau dari kontur tekanan, Tekanan terbesar ditunjukkan dengan warna merah pada sudu A. Pada sudut kelengkungan sudu 100°, garis-garis kontur tekanan hampir tidak terlihat pada sudu A. Artinya adalah hampir semua area sudu A memiliki tekanan yang seragam. Tekanan rata-rata pada area sudu A adalah 0,909 MPa. Garis-garis kontur tekanan semakin terlihat pada sudut kelengkungan 110° dan area tekanan maksimal semakin menyempit dengan nilai tekanan rata-rata pada sudu A sebesar 0,887 MPa. Pada sudut kelengkungan sudu 120° sampai 150°, garis-garis kontur tekanan semakin bertambah banyak sebanding dengan bertambahnya sudut kelengkungan sudu. Adapun tekanan rata-rata pada sudu A dari tiap-tiap variasi sudut kelengkungan sudu 120° sampai 150° masing-masing 0,868 Mpa; 0,849 Mpa; 0,825 Mpa; dan 0,824 MPa. Tekanan rata-rata pada sudu A semakin menurun ketika sudut kelengkungan sudu bertambah besar. Berbeda halnya dengan nilai torsi yang dihasilkan, bertambahnya sudut kelengkungan sudu menghasilkan nilai torsi yang bertambah besar seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan variasi sudut kelengkungan sudu dengan torsi yang dihasilkan.

Dari hasil yang didapat dalam studi ini diambil kesimpulan bahwa performa maksimal terdapat pada sudut kelengkungan sudu 150° dimana mempunyai nilai torsi sebesar 16,8 Joule.

4. Kesimpulan

Dari hasil yang didapat dalam studi ini diambil kesimpulan bahwa performa maksimal terdapat pada sudut kelengkungan sudu 150° dimana mempunyai nilai torsi sebesar 16,8 Joule.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini disokong oleh Dana Hibah Penelitian PUPU (Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi) Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Daftar Pustaka

- [1] B. Kirke. 2011. "Tests on ducted and bare helical and straight blade darrieus hydrokinetic turbines." *Renewable Energy*. Vol. 36, No. 11. 3013-3022.
- [2] S. Iio, Y. Katayama, F. Uchiyama, E. Sato, T. Ikeda. 2011. "Influence of setting condition on characteristics of savonius hydraulic turbine with a shield plate." *Journal of Thermal Science*. Vol. 20, No. 3, 224-228.
- [3] K. Golecha, T. Eldho, S. Prabhu. 2011. "Influence of the deflector plate on the performance of modified savonius water turbine" *Applied Energy*. Vol.88, No.9. 3207-3217.
- [4] K. Shimokawa, A. Furukawa, K. Akuma, D. Matshusita, S. Watanabe. 2012. Experimental study on simplification of darrieus-type hydro turbine with inlet nozzle for extra-low head hydropower utilization." *Renewable Energy*. Vol. 41. 376-382.
- [5] H.K. Akimoto, Tanaka, Y.Y. Kim. 2015. "Drag-type cross-flow water turbine for capturing energy from the orbital fluid motion in ocean wave." *Renewable Energy*. Vol. 76. 196-203.
- [6] N.A. Sarma, Biswas, R. Misra. 2014. "Experimental and computational evaluation of

- savonius hydrokinetic turbine for low velocity condition with comparison to savonius wind turbine at the same input power.” *Energy Conversion and Management*. Vol. 83. 88-98.
- [7] M.R. Ahmed, M. Faizal, Y.-H. Lee. 2013. “Optimization of blade curvature and inter-rotor spacing of savonius rotors for maximum wave energy extraction.” *Ocean Engineering*. Vol. 65. 32-38.
- [8] J. Chen, X.Y. Yang, C.P. Liu, C.H. Lau, M. Lo. 2013. “A novel vertical axis water turbine for power generation from water pipelines.” *Energy*. Vol. 54. 184-193.
- [9] M. Kamoji, S.B. Kedare, S. Prabhu. 2009. “Experimental investigations on single stage modified savonius rotor.” *Applied Energy*. Vol. 86. 1064-1073.
- [10] K.G. Kacprzak, Liskiewicz, K. Sobczak. 2013. “Numerical investigation of conventional and modified Savonius wind turbines.” *Renewable Energy*. Vol. 60. 578-585.