

Effect of Blade Shapes on Savonius Wind Turbine Performance

Ridwan^{1,*}, Iwan Setyawan¹ dan Setiyono²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma - Depok

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma - Depok

*Korespondensi: ridwan@staff.gunadarma.ac.id

Abstract. The need for electrical energy continues to increase with increasing population and also the advancement of civilization and human lifestyle. The provision and target of national energy development is energy security by conserving and diversifying energy sources sourced from renewable energy, including wind energy sources known as wind power plants (bayu) PLTB. Constraints on energy-efficient PLTB that can be generated, therefore needed technology and innovation in its development. The blade on the wind turbine is the main component affecting turbine system performance. The purpose of this research is to know the influence of the blade model on the performance of Savonius wind turbine. The method used is simulation using software Finite Element Analysis (FEA). Rotor of Savonius wind turbine with the number of four blades, and two forms / types of blades of this type U and type L, wind velocity variation applied to the form of the two blades respectively 5 m / s and 7.5 m / s and 10 m / s . Stainless steel 304 impeller material. The simulation results show the performance of the rotor of Savonius wind turbine with the number of four blades, seen where the form (type U) drag / drag uptake is higher than the L-type blade.

Abstrak. Kebutuhan energi listrik terus mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan juga kemajuan peradaban gaya hidup manusia. Penyediaan dan Sasaran pengembangan energi Nasional adalah ketahanan energi dengan cara konservasi dan diversifikasi sumber energi utamanya yang bersumber dari energi baru terbarukan, di dalamnya termasuk sumber energi dari angin yang dikenal dengan pembangkit listrik tenaga angin (bayu) PLTB. Kendala pada PLTB yakni keterbatasan energi yang dapat dihasilkan, oleh karena itu diperlukan teknologi dan inovasi dalam pengembangannya. Sudu (blade) pada turbin angin merupakan komponen utama yang mempengaruhi unjuk kerja sistem turbin. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh model bentuk sudu terhadap unjuk kerja (performance) turbin angin savonius. Metode yang dilakukan yaitu dengan simulasi menggunakan perangkat lunak Solidworks (*flow simulations*) berbasis *Finite Element Analysis (FEA) method*. Digunakan rotor turbin angin savonius dengan jumlah sudu empat, dan dua bentuk /yakni tipe sudu yakni tipe U dan tipe L, variasi kecepatan angin yang diterapkan pada kedua bentuk sudu tersebut masing masing 5 m/s dan 7.5 m/s dan 10 m/s. Material sudu dari bahan *stainless steel 304*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa unjuk kerja (*performance*) rotor turbin angin savonius dengan jumlah sudu empat, terlihat dimana bentuk (tipe U) nilai koefisien drag/ gaya Drag yang lebih tinggi dibanding blade tipe L.

Kata kunci: unjuk kerja, Savonius, sudu, turbin angin

© 2017. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Pemanfaatan sumber energi terbarukan terus dikaji untuk menghasilkan efisiensi yang lebih baik [1]. Salah satu teknologi Sistem Konversi Energi Angin (SKEA) yang telah lama digunakan adalah *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*. Salah satu Jenis yang tertua dari VAWT yaitu Turbin tipe Savonius [2]. Turbin Savonius bekerja berdasarkan perbedaan dari gaya *drag* yang mengenai permukaan setengah lingkaran dari rotor. Jumlah dari gaya *drag* yang bila bernilai positif akan mampu memutar poros turbin.

Turbin angin savonius termasuk turbin angin tipe drag, turbin ini dalam menghasilkan daya dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari

tiap-tiap sudunya. Drag merupakan gaya yang bekerja berlawanan dengan arah angin yang menumbuk sudu [3].

Angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan menjadi energi mekanik atau listrik melalui suatu konversi yang dinamakan Sistem Konversi energi angin (SKEA). Komponen utama SKEA terdiri dari rotor dengan sudu sebagai penggerak utama, generator sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi listrik dan lain-lain [4-5].

Salah satu komoditi unggulan dalam peradaban modern adalah energi. Jumlah konsumsi energi telah menjadi Indikator untuk standar hidup dan tingkat industrilisasi. Saat ini, hampir sembilan puluh persen dari energi dunia berasal dari pemba-

karan bahan bakar fosil, yaitu batubara, minyak petroleum, gas alam, dan lain-lain [6-7]. Trend penggunaan energi terbarukan mengalami peningkatan dari tahun ke tahun yang diprediksi akan mengalami kenaikan penggunaan mencapai 10 % dari konsumsi energi dunia pada tahun 2035 [8].

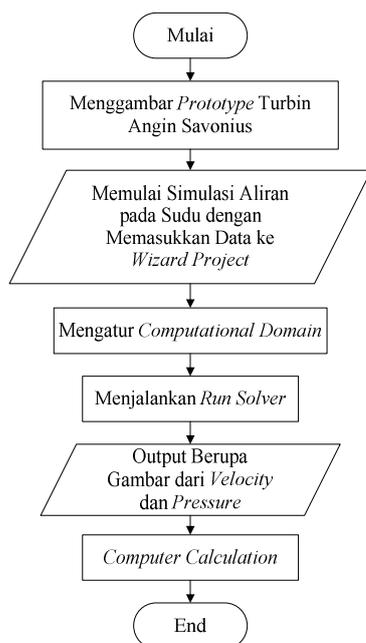
Penelitian ini dilakukan dengan membuat model blade 4 sudu dengan variasi bentuk blade yakni tipe U dan tipe L. Simulasi berbantu perangkat lunak Solidworks *Flow Simulation*. Analisis Structural simulation dilakukan untuk mengetahui kekuatan material sudu turbin dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui Pengaruh bentuk sudu (tipe U dan tipe L) terhadap unjuk kerja (performance) turbin angin savonius (sumbu vertikal).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode simulasi numerik berbantu perangkat lunak solidworks (flow simulations), berbasis *Finite Element Analysis (FEA)*. Gambar 1 adalah *flow chart* proses simulasi. Penelitian dimulai dengan studi literature, desain sudu, pengumpulan dan analisis data.

Pada penelitian ini disimulasikan dua bentuk sudu yaitu bentuk U dan bentuk L. Variasi kecepatan angin yang digunakan dalam simulasi ini yakni: 5 m/s, 7.5 m/s dan 10 m/s. Simulasi akan dimulai dengan membuat gambar prototipe masing-masing model Blade dalam 2 dimensi, dan dilanjutkan dengan pembuatan model 3 dimensi.



Gambar 1. Flowchart Proses simulasi

Adapun dimensi sudu unuk tipe U dan tipe L dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Dimensi sudu tipe U

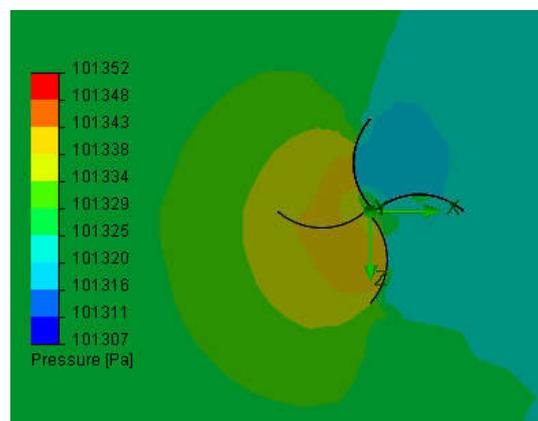
| Parameter | Nilai |
|----------------|---------|
| Tinggi sudu | 500 mm |
| Lebar sudu | 237 mm |
| Sudut sudu | R178 mm |
| Diameter poros | 19 mm |

Tabel 2. Dimensi sudu tipe L

| Parameter | Nilai |
|---------------------------|--------|
| Tinggi sudu | 500 mm |
| Lebar sudu | 237 mm |
| Radius lengkung sudu | R94 mm |
| Panjang bagian lurus sudu | 2.05 m |
| Diameter soros | 19 mm |

Hasil dan Pembahasan

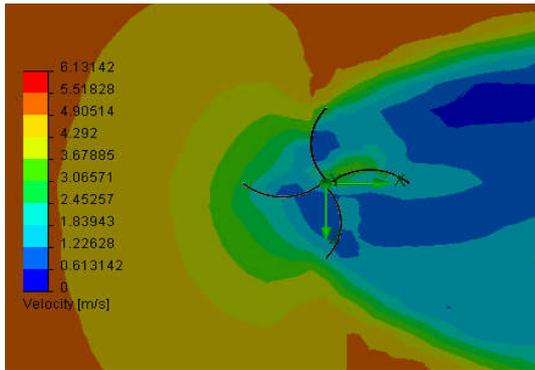
Hasil simulasi dari perangkat lunak solidworks berupa kontur tekanan (pressure) dan kontr kecepatan (velocity) pada sudu (blade). Gambar 2 - 7 merupakan hasil untuk pressure dan kecepatan pada blade tipe U. Sementara pada gambar 8 - 13 merupakan hasil untuk blade tipe L. Gambar 2 berupa *cutplot pressure* untuk kecepatan angin sebesar 5 m/det yang diterapkan pada sudu tersebut.



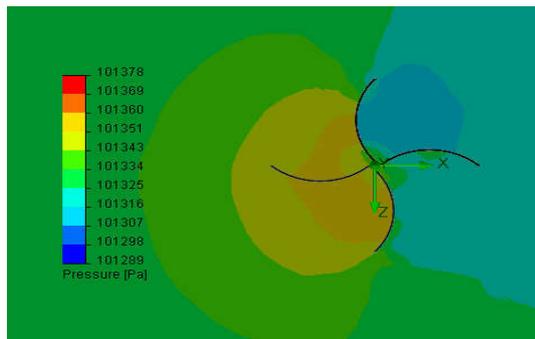
Gambar 2. Cut Plot Pressure blade tipe U pada Kecepatan 5 m/s

Gambar 2 merupakan cut plot pressure pada sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s. Pada gambar 2 terlihat dimana daerah pressure yang dialami sudu tipe U pressure terbesar menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe U dimana Pressure terbesar senilai 101.343 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101.311 Pa. Luas daerah yang bertekanan tinggi meningkat dari sumbu poros (pusat blade) dan mengecil kearah luar dari blade.

Gambar 3 merupakan *cut plot velocity*, untuk kecepatan angin 5 m/s. Pada gambar 3 menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe U tanpa modifikasi dimana velocity tertinggi senilai 1.84 m/s dan velocity terendah sebesar 0.61 m/s.

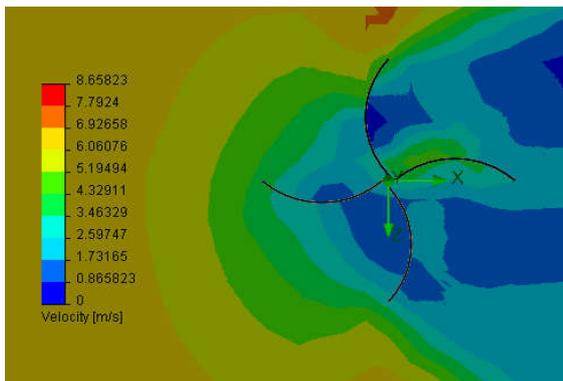


Gambar 3. Cut Plot velocity blade tipe U pada kecepatan 5 m/s



Gambar 4. Cut Plot Pressure blade tipe U pada Kecepatan 7.5 m/s

Gambar 4 merupakan cut plot pressure dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 7.5 m/s. Pada gambar 4 menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe U dimana Pressure terbesar senilai 101.360 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101.298 Pa.

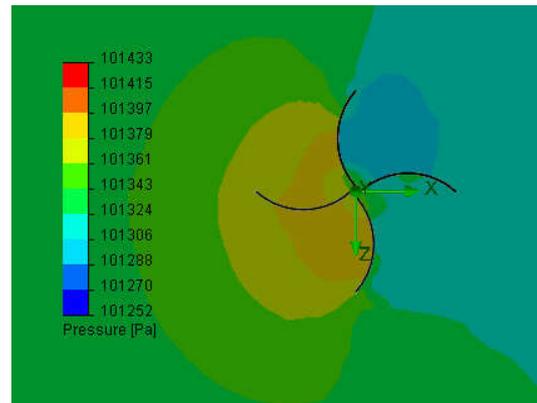


Gambar 5. Cut Plot Velocity blade tipe U pada Kecepatan 7.5 m/s

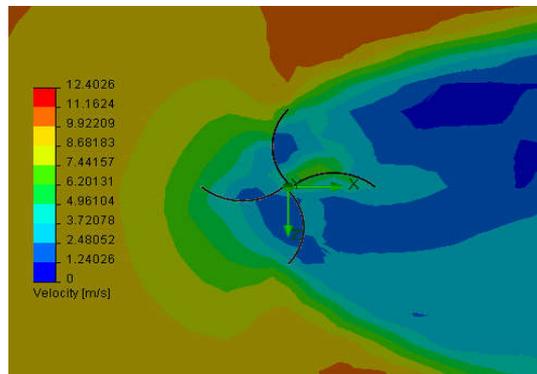
Gambar 5 merupakan cut plot velocity dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 7.5 m/s. Pada gambar 5 menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe U dimana velocity tertinggi senilai 2.59 m/s dan velocity terendah 0 m/s.

Gambar 6 merupakan cut plot pressure dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 10 m/s. Pada gambar 6 menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe U dimana Pressure terbesar senilai

101.397 Pa dan Pressure terkecil sebesar 101.270 Pa.



Gambar 6. Cut Plot Pressure blade tipe U pada Kecepatan 10 m/s.



Gambar 7. Cut Plot Velocity pada blade tipe U Kecepatan 10 m/s

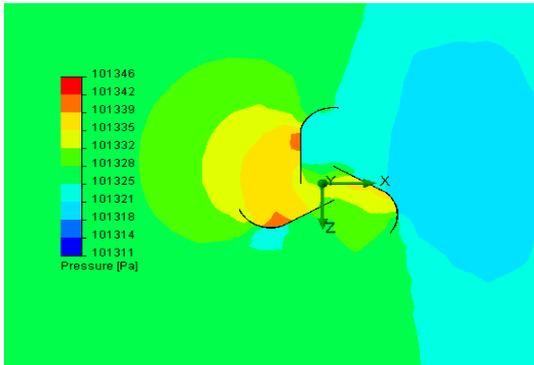
Gambar 7 merupakan *cut plot velocity* dari sudu tipe U dengan kecepatan angin sebesar 10 m/s. Pada gambar 7 menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe U dimana velocity tertinggi senilai 3.72 m/s dan velocity terendah sebesar 1.22 m/s.

Pengaruh penambahan/variasi kecepatan angin, terhadap fenomena tekanan dan kecepatan yang terjadi pada blade tipe U sangat bervariasi. Penambahan kecepatan angin tidak memberikan kenaikan pressure dan kecepatan pada sudu secara linier. Hal ini dapat terjadi karena berat sudu juga berpengaruh terhadap tekanan dan kecepatan sudu yang disimulasikan yakni empat sudu.

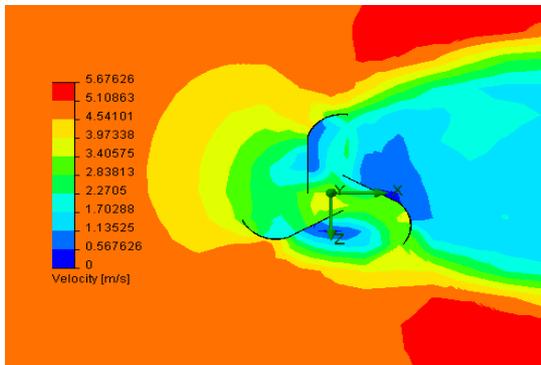
Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi yang terjadi pada sudu turbin tipe L untuk kecepatan angin 5 m/s. Gambar 8 merupakan cut plot pressure dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s. Pada gambar 8 menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe L dimana Pressure terbesar senilai 101.342 Pa dan Pressure terkecil 101.318 Pa.

Gambar 9 merupakan *cut plot velocity* dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 5 m/s. Pada gambar 9 menunjukkan daerah kecepatan angin

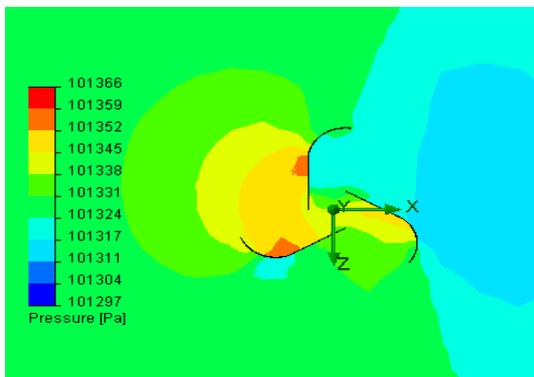
yang dialami sudu tipe L dimana velocity tertinggi senilai 3.41 m/s dan velocity terendah 0.57 m/s.



Gambar 8. Cut Plot Pressure untuk blade tipe L pada kecepatan 5 m/s



Gambar 9. Cut Plot Velocity untuk blade tipe L pada kecepatan 5 m/s

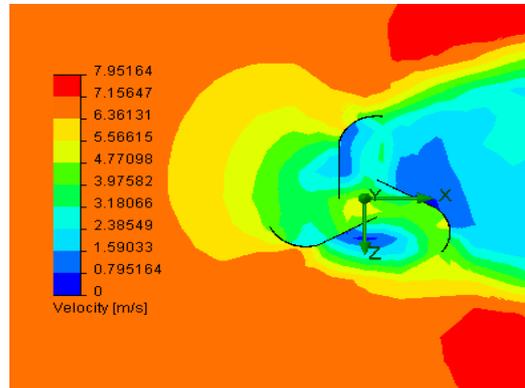


Gambar 10. Cut Plot Pressure untuk blade tipe L pada Kecepatan 7.5 m/s

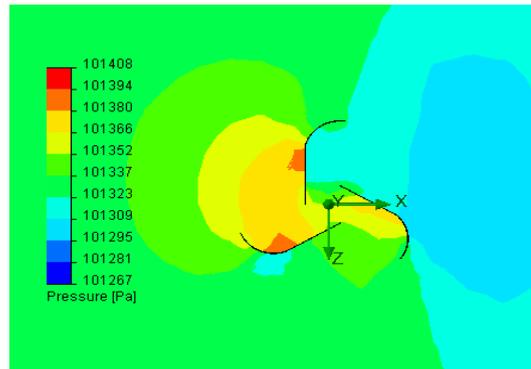
Gambar 10 merupakan cut plot pressure dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 7.5 m/s. Pada gambar 10 menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe L dimana Pressure terbesar senilai 101.358 Pa dan Pressure terkecil 101.311 Pa.

Gambar 11 merupakan cut plot velocity dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 7.5 m/s. Pada gambar 11 menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe L dimana velocity tertinggi senilai 4.77 m/s dan velocity terendah 0.79 m/s.

Gambar 13 terlihat cut plot velocity dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 10 m/s. Pada gambar 13 menunjukkan daerah kecepatan angin yang dialami sudu tipe L dimana velocity tertinggi senilai 6.83 m/s dan velocity terendah sebesar 1.14 m/s.

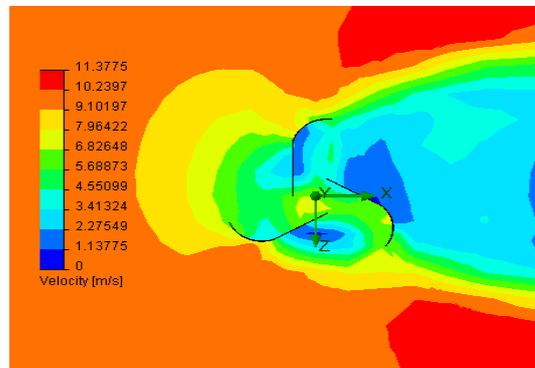


Gambar 11. Cut Plot Velocity untuk blade tipe U pada kecepatan 7.5 m/s



Gambar 12. Cut Plot Pressure untuk blade tipe L pada kecepatan 10 m/s

Gambar 12 merupakan cut plot pressure dari sudu tipe L dengan kecepatan angin sebesar 10 m/s. Pada gambar 12 menunjukkan daerah pressure yang dialami sudu tipe L dimana Pressure terbesar senilai 101.393 Pa dan Pressure terkecil 101.295 Pa.



Gambar 13. Cut Plot Velocity untuk blade tipe L pada kecepatan 10 m/s

Pada setiap kecepatan angin yang disimulasikan yakni mulai 5 m/s, 7.5 m/s dan 10 m/s terlihat nilai pressure yang terjadi pada blade tipe U lebih tinggi

dibanding dengan pressure yang terjadi pada blade tipe L. Nilai pressure tertinggi pada blade tipe U sebesar 101.397 Pa sementara pada blade tipe L sebesar 101.394 Pa, terjadi pada kecepatan angin 10 m/s. Pada kecepatan angin 5 m/s dan 7.5 m/s pressure blade tipe U tertinggi masing-masing 101.342 Pa dan 101.360 Pa. Dan pada kecepatan angin yang sama pressure yang tertinggi terjadi pada blade tipe L masing-masing, 101.342 Pa dan 101.358 Pa.

Pada tabel 3 dan tabel 4. Merupakan nilai koefisien drag untuk sudu tipe U dan L untuk tiga variasi kecepatan angin masing-masing 5 m/s, 7.5 m/s dan 10 m/s.

Tabel 3. Nilai Coefficient Drag sudu tipe U

| v (m/s) | FD | CD |
|---------|-------------|-------------|
| 5 | 2.775592686 | 0.001724402 |
| 7.5 | 5.408223959 | 0.001714278 |
| 10 | 16.15257615 | 0.002508791 |

Tabel 4. Nilai Coefficient Drag Sudu Tipe L

| V (m/s) | FD | C _D |
|---------|-------------|----------------|
| 5 | 2.86943659 | 0.001474159 |
| 7.5 | 5.617700864 | 0.001472483 |
| 10 | 11.4584158 | 0.001471677 |

Koefisien drag sangat dipengaruhi oleh bentuk sudu sebagaimana terlihat pada tabel 3 dan tabel 4. Pada kecepatan yang sama semua nilai koefisien drag untuk tipe U terlihat lebih tinggi dibanding koefisien drag yang terjadi pada sudu turbin tipe L. Pada kecepatan angin terendah yang disimulasikan yakni 5 m/s koefisien drag yang terjadi pada blade tipe U sebesar 0.001724 dan pada blade tipe L sebesar 0.001474. Sementara pada kecepatan angin tertinggi yang disimulasikan yakni 10 m/s koefisien drag yang terjadi pada blade tipe U sebesar 0.002508 dan pada blade tipe L sebesar 0.001471.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, maka terdapat dua kesimpulan diantaranya:

1. Pada setiap kecepatan angin (5 m/s, 7.5 m/s dan 10. m/s) yang disimulasikan nilai pressure yang terjadi pada blade tipe U, memiliki lebih tinggi dibanding dengan pressure yang terjadi pada blade tipe L.
2. Koefisien drag sangat dipengaruhi oleh bentuk sudu sebagaimana terlihat Koefisien drag untuk tipe U terlihat lebih tinggi dibanding koefisien drag yang terjadi pada sudu turbin tipe L, untuk setiap kecepatan angin yang sama.

Referensi

- [1] Ajao, Khan and Mahamood, M.R., 2009. *Wind Energy Conversion System: The Past, The Present and The Prospect*, Journal of American Science. Vol. 5 No. 6 .
- [2] Saha, U.K.S. dkk., 2008. *Optimum Design Configuration of Savonius Rotor Through Wind Tunnel Experiment*, Journal of Wind Energy and Industrial Aerodynamics, Hal. 1359 – 1357.
- [3] White, F.M., 1986. *Fluid Mechanics*, McGraw Hill Book Company, New York.
- [4] S, MS and M. Ibrochim., 2009. Analisa Potensi Energi Angin Dan Estimasi Energi Output Turbin Angin di Lebak Banten, *Jurnal Teknologi Dirgantara*, Vol. 7 Hal. 8.
- [5] Menet, J.L. dan Bouraba, N., 2004. *Increase in the Savonius Rotors Efficiency via a parametric Investigation*, European wind energy conference & Exhibition, London.
- [6] Wenehenubun, F. dkk., 2015. An experimental study on the performance of Savonius wind turbines related with the number of blades " *Energy Procedia*, Vol. 68 Hal. 7.
- [7] Guntoro, W., 2008. *Studi Pengaruh Panjang dan Jumlah Baling-Baling Terhadap Efisiensi Daya Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Bandung, ITB.
- [8] BP, 2017. "BP Energy Outlook," ed.
- [9] Permana, B., 2011. *Pengembangan Model Kincir Angin Jenis Savonius 2 Tingkat Sebagai Alternatif Penggerak Pompa*, Politeknik Negeri Bandung.
- [10] Firman,S.B. dan Ihsan, A.M., 2012. *Kincir angin poros vertikal sebagai alternatif penggerak pompa irigasi perkebunan*, Poltek Bandung.
- [11] Sukandarrumidi, 2013. *Energi Terbarukan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [12] Gasch, R. and Twele, J., 2012. *Wind Power Plants. Fundamentals, Design, Construction and Operation*, Springer Verlag.