

## **DESIGN AND SIMULATION OF VERTICAL SUMBU WIND TURBINS WITH BALANCE ROTOR SUDU 0021**

### **DESAIN DAN SIMULASI TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL DENGAN SUDU ROTOR NACA 0021**

Dieniar N Ramadhani  
{din.dinarr@gmail.com}

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo  
Jl. Raya Gelam 250 Candi Sidoarjo

**Abstract.** Much human energy needs are obtained from fossil fuels. This fossil energy is decreasing day by day. So that the utilization of natural energy such as solar energy, water energy and wind energy is being developed. Wind energy is energy that we can find, so it is very easy to use by using a turbine as the driving force. The vertical axis wind turbine is a type of wind turbine that is easier to apply in places where wind potential is not too large. This research was conducted by means of simulation using Qblade v0.963 software by comparing the influence generated from several numbers of wind turbine rotor blades. From the simulation process, it is known that the wind turbine rotor blades with 4 blades are the wind turbines capable of producing the greatest power, which is 75 Watts at a low TSR. So that in the manufacturing process it does not require large costs, but it still has to be built rigid and solidly.

**Keywords** - Fossil Energy; Wind Energy; Wind Turbine; VAWT; Qblade.

**Abstrak.** Kebutuhan energi manusia banyak didapatkan dari bahan bakar fosil. Energi fosil ini semakin hari semakin berkurang jumlahnya. Sehingga pemanfaatan energi alami seperti energi matahari, energi air dan energi berasal dari angin sedang dikembangkan. Energi angin merupakan energi yang dapat kita temui sehingga sangat mudah untuk dimanfaatkan dengan menggunakan turbin sebagai penggerakannya. Turbin Angin sumbu vertikal (VAWT) merupakan salah satu jenis turbin angin yang lebih mudah di aplikasikan pada tempat yang memiliki potensi angin tidak terlalu besar. Penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi menggunakan perangkat lunak Qblade v0.963 dengan membandingkan pengaruh yang ditimbulkan dari beberapa jumlah sudu rotor turbin angin. Dari proses simulasi diketahui sudu rotor turbin angin dengan jumlah sudu 4 buah merupakan turbin angin yang mampu menghasilkan daya paling besar, yaitu sebesar 75 Watt pada TSR yang rendah. Sehingga dalam proses pembuatannya tidak memerlukan biaya yang besar namun tetap harus dibangun dengan rigid dan solid.

**Kata Kunci**- Energi Fosil; Energi Angin; Turbin Angin; VAWT; Qblade.

## **I. PENDAHULUAN**

Sumber energi angin merupakan sumber energi yang ramah lingkungan karena tidak menyebabkan polusi dan emisi dari karbon dioksida. Menggunakan teknologi turbin, yang dikenal dengan turbin angin. Angin diserap menjadi energi mekanik yang kemudian disalurkan pada generator sehingga dapat menghasilkan energi listrik. Berdasarkan sumbu putarnya turbin angin dibagi menjadi 2 jenis yaitu turbin angin sumbu horizontal (HAWT) yang memiliki bentuk seperti baling – baling yang berputar dan turbin angin sumbu vertikal (VAWT) yang memiliki bentuk seperti jenis turbin angin saviounus, turbin angin darrieus. Pengembangan jenis turbin angin Darrieus dikenal dengan turbin angin jenis H-rotor (*Giromill*). HAWT mampu menghasilkan koefisien daya lebih besar daripada VAWT, dikarenakan turbin angin jenis ini ditempatkan pada tempat yang lebih tinggi sehingga aliran angin yang melewatinya lebih kuat. Namun pada aliran angin dengan kecepatan rendah VAWT lebih efektif digunakan dikarenakan turbin jenis ini memiliki sifat *omni directional* tanpa perlu sistem *yaw* sehingga mampu menerima aliran angin dari arah manapun .

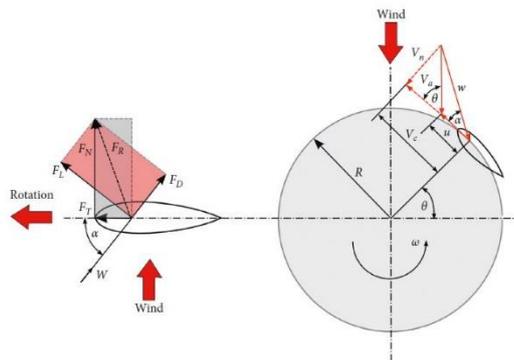
VAWT dengan sudu NACA 0021 memiliki kemampuan *self starting* lebih baik daripada airfoil NACA 0015 [1] Dengan mengatur sudut putar turbin (*azhimut angle*) 90° sampai dengan 100° pada kecepatan angin rendah NACA 0021 memiliki kemampuan *self starting* yang paling baik dan NACA 0012 memiliki kemampuan *self starting* yang rendah[2]. Sementara itu penelitian tentang hubungan antara tip speed ratio dan jumlah rotor turbin menunjukkan bahwa banyaknya jumlah blade mampu menghasilkan torsi yang cukup rendah dikarenakan tip speed ratio yang tinggi, namun hal ini menyebabkan peningkatan performa turbin[3]. Penelitian ini selaras dengan hasil yang dilakukan pada penelitian menggunakan VAWT tipe *eggbeater*, dimana pengaruh dari variasi kecepatan angin terhadap bilah turbin menyebabkan meningkatnya torsi turbin yang dipengaruhi oleh penambahan kecepatan angin, namun dengan bertambahnya bilah turbin torsi yang dihasilkan menyebabkan nilai torsi semakin rendah, dan koefisien daya yang dihasilkan oleh turbin jenis ini selaras dengan torsi yang dihasilkan dimana saat torsi bertambah

maka daya yang dihasilkan juga meningkat[4]. Pada penerapannya VAWT darrieus ini dapat difungsikan sebagai sumber energi penerangan lampu jalan. Dimana penelitian menunjukkan beban daya yang di butuhkan untuk satu lampu jalan adalah 1104 Watt, sedangkan turbin angin dengan airfoil NACA 4412 mampu menghasilkan daya sebesar 954. Dengan kata lain untuk memenuhi kebutuhan daya dari lampu jalan maka dibutuhkan dua buah turbin angin dengan tipe yang sama. [5]. VAWT H- Rotor memiliki kemampuan lebih baik pada kecepatan angin rendah dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal (HAWT)[6].

Dengan banyaknya penelitian mengenai performa dari VAWT untuk itu peneliti bermaksud melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari airfoil NACA 0021 sebagai penampang sudu VAWT tipe H – Rotor terhaap jumlah rotor turbin yang berbeda namun memiliki ukuran geometri sama.

## II. METODELOGI

Simulasi numerik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Qblade v0.963 dilakukan simulasi baik 2D dan simulais 3D. Penentuan data dilakukan sebelum melakukan simulasi dimana nilai Reynold Number, Mach Number, dan geometri turbin di perlukan. Hubungan dari kecepatan relatif angin ( $W$ ), kecepatan pada chord ( $V_c$ ), Kecepatan absolut ( $V_a$ ) dan kecepatan normal dari turbin pada segitiga kecepatan pada Gambar 1. menunjukkan kondisi aliran udara yang melalui turbin angin maka. Dari hubungan ini dapat diketahui nilai Reynold Number dan Mach Number yang ditunjukkan pada persamaan berikut.



**Gambar 1.** Segitiga Kecepatan Turbin[7]

$$W = \sqrt{V_c^2 + V_n^2} \quad (1)$$

$$V_c = R\omega + V_a \cos \theta \quad (2)$$

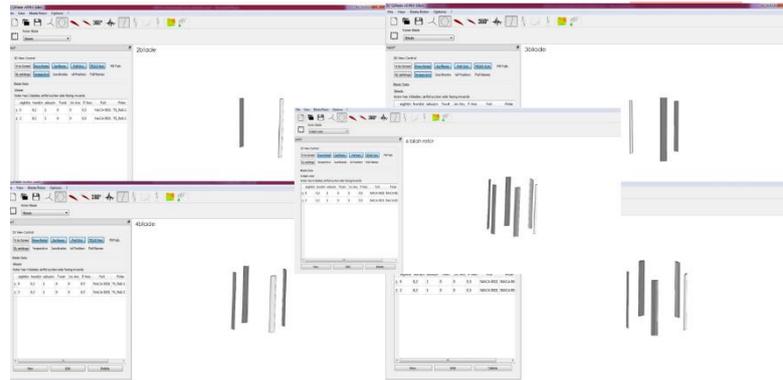
$$V_n = V_a \sin \theta \quad (3)$$

$$V_a = V_{(t)} (1 - a_i) \quad (4)$$

$$Re = \frac{\rho W C}{\mu} \quad (5)$$

$$M = \frac{W}{a} \quad (6)$$

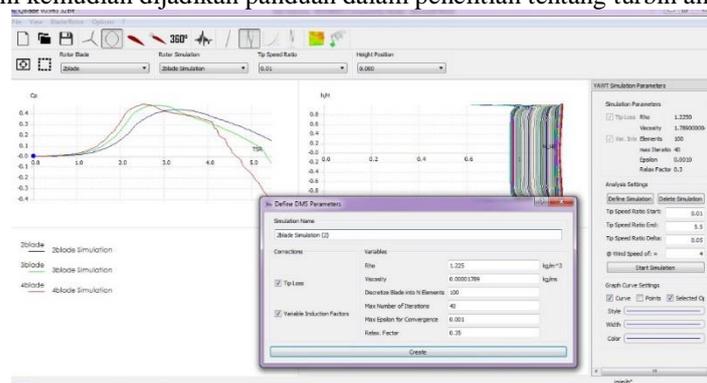
Simulasi 2D dilakukan pada modul *Qblade Xfoil direct Analysis* ditujukan untuk mengetahui kinerja airfoil NACA 0021. Dari simulasi 2D diketahui airfoil jenis ini memiliki nilai koefisien gaya angkat maksimal sebesar ( $C_L$  max) terjadi pada sudut serang  $16.7^\circ$  dan rasio dari koefisien gaya angkat dan koefisien gaya hambat maksimum ( $C_L/C_d$  max) terjadi pada sudut serang  $9.1^\circ$ . Turbin ini diuji dengan menggunakan 2 bilah, 3 bilah, 4 bilah, 5 bilah, dan 6 bilah turbin dengan panjang chord ( $C$ ) ditentukan sebesar 0.2 m, tinggi ( $H$ ) sebesar 2 m, dan radius turbin sebesar 1 m. Dengan menggunakan kecepatan udara yang sama saat melewati turbin sebesar 4 m/s. Setelah dilakukan penentuan data maka dilakukan pembuatan desain dari blade turbin pada modul VAWT *rotorblade design* yang ditunjukkan pada Gambar 2. yang dilakukan pada tiap bilah rotor yang akan diuji.



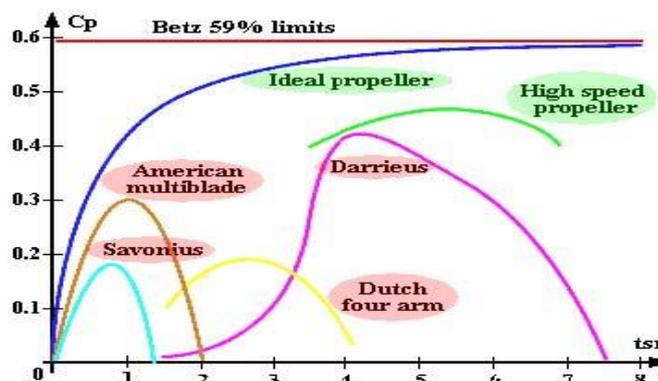
Gambar 2. Desain Bilah Rotor Yang Diuji

### A. SIMULASI DMS

DMS merupakan teori double multiple streamtube. Teori ini menerapkan analisis pendekatan momentum sederhana untuk mengetahui interaksi aliran udara pada suatu actuator disc yang mana sukses dalam melakukan prediksi terhadap torsi dan gaya dorong (thrust) pada turbin angin tipe darrieus. Dengan metode ini Qblade v.0963 melakukan perhitungan pendekatan DMS dalam mensimulasikan kondisi turbin angin secara 3D. Pada software ini terdapat 3 modul perhitungan DMS yaitu *rotor dms simulation*, selanjutnya *multiparameter dms simulation*, dan *turbine dms simulation*[8]. Pada penelitian ini hanya menggunakan satu modul yaitu *rotor dms simulation* untuk memenuhi dari tujuan penelitian yang tampilan modul ini ditunjukkan pada Gambar 3. Dari modul ini dapat diketahui kondisi udara pada turbin sehingga diketahui Daya Turbin (P), Koefisien Daya Turbin (CP), dan Torsi Turbin terhadap Tip Speed Ratio (TSR). Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Albert Betz yang dikenal dengan Teori Betz limit tentang hubungan antara CP dan TSR dari setiap bilah turbin. Pada Gambar 4. menunjukkan bahwa pada teori ini hubungan CP dan TSR tidak lebih dari 59%[9] untuk mnedapatkan performa turbin yang baik. Teori ini kemudian dijadikan panduan dalam penelitian tentang turbin angin.



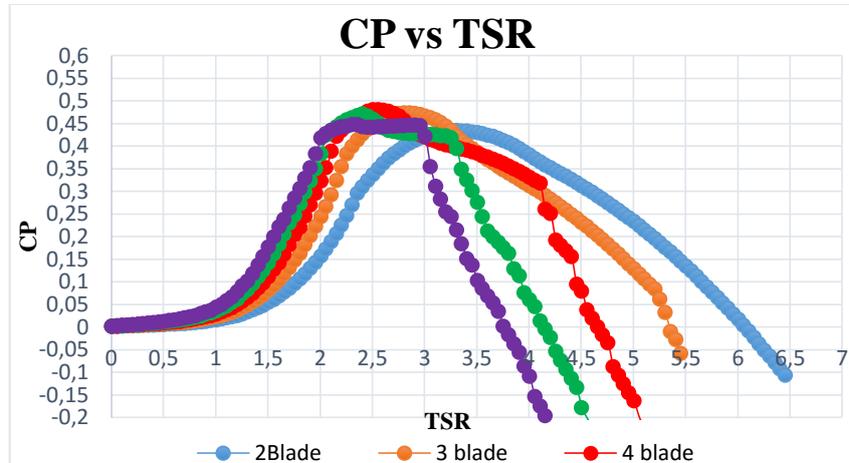
Gambar 3. Modul Simulasi Rotor DMS



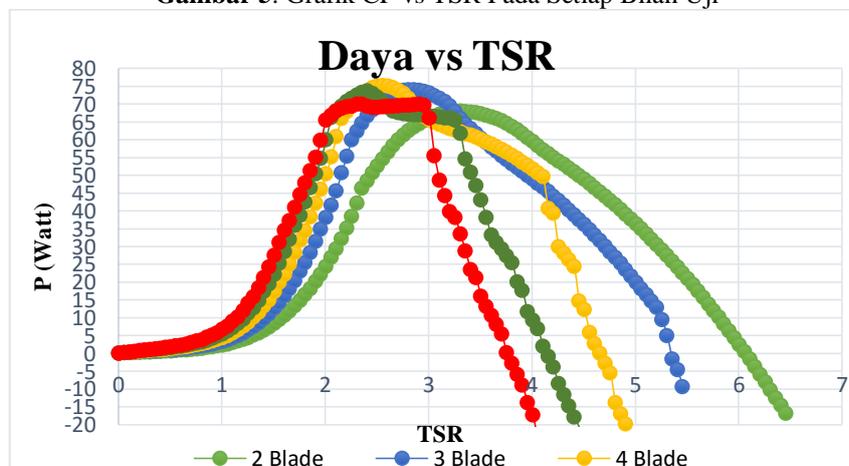
Gambar 4. Grafik Teori Betz Limit[9]

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukannya simulasi rotor pada modul *rotor dms simulation* didapatkan grafik hubungan antara CP dengan TSR, P dengan TSR dan T dengan TSR dari setiap sudu yang diuji. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. hubungan CP terhadap TSR dari bilah turbin yang diuji menunjukkan sesuai dengan teori betz limit sebelumnya. Dimana hubungan CP dan TSR dari setiap bilah tidak lebih dari 59%, sehingga masih dalam batas kerja yang baik dan normal.

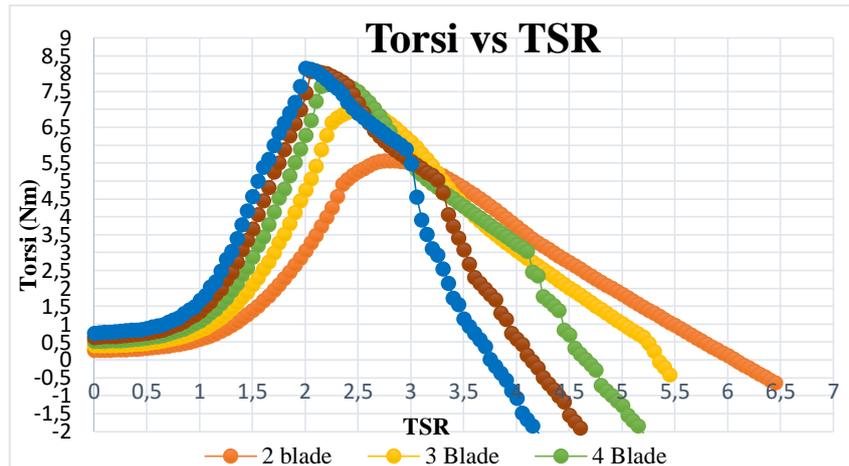


Gambar 5. Grafik CP vs TSR Pada Setiap Bilah Uji



Gambar 6. Grafik P vs TSR Pada Setiap Bilah Uji

Dari Gambar 5. menunjukkan hubungan CP dan TSR dimana dari bilah turbin berjumlah 2 bilah mengalami kenaikan grafik, hingga grafik tertinggi berada pada bilah turbin berjumlah 4 bilah dengan CP sebesar 0.4789 pada TSR 2.56. Namun setelah 4 buah bilah turbin nilai cp terhadap TSR mengalami penurunan pada grafik hubungan CP dan TSR di bilah selanjutnya. Hal ini selaras dengan grafik pada hubungan P terhadap TSR. Dimana hubungan P terhadap TSR tertinggi terlihat pada grafik dengan 4 buah bilah turbin, sementara setelah itu hubungan P dan TSR pada bilah uji selanjutnya mengalami penurunan. Dari grafik yang dilihat pada Gambar 6. daya tertinggi yang dapat dihasilkan adalah sebesar 75 Watt yang mana terjadi pada TSR 2.56. Dengan spesifikasi turbin angin yang telah ditentukan dan dilakukan proses simulasi maka dapat diketahui bahwa turbin ini mampu menghasilkan daya cukup besar yaitu berkisar 68 Watt sampai dengan 75 Watt bergantung pada jumlah bilah yang diuji. Dari hubungan CP dan TSR juga pada hubungan P dan TSR dapat diketahui bahwa nilai dari CP dan TSR yang terbentuk pada tiap bilah yang diuji menempati nilai TSR yang sama baik pada grafik CP terhadap TSR maupun grafik P terhadap TSR. Semakin banyak sudu yang digunakan tidak menjamin suatu turbin menghasilkan daya yang lebih besar. Hal ini dikarenakan semakin banyak turbin maka aliran udara segar yang melewati turbin semakin berkurang sehingga aliran udara yang melewati turbin selanjutnya mengalami turbolensi sehingga tidak terserap maksimal pada bilah[10] selanjutnya. Namun jika jumlah bilah turbin semakin sedikit maka banyak aliran udara segar yang tidak terserap maksimal sehingga turbin menyerap udara baru untuk melewati bilah selanjutnya. Selain itu pengaruh dari kecepatan angin yang melewati turbin dan bentuk geometri turbin yang digunakan menjadi penentu kinerja bilah turbin dalam menghasilkan daya yang terbaik.



**Gambar 7.** Grafik Torsi vs TSR Pada Setiap Bilah Uji

Grafik pada **Gambar 7.** menunjukkan hubungan Torsi terhadap TSR. Berbeda dengan grafik  $C_p$  terhadap TSR dan  $P$  terhadap TSR. Dapat dilihat grafik Torsi terhadap TSR ini mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah bilah turbin yang diuji. Torsi yang terbentuk pada 2 bilah turbin sebesar 5.55215 Nm pada TSR 2.81 sedangkan torsi pada 6 bilah turbin menghasilkan torsi tertinggi diantara ke 5 bilah turbin yang diuji, yaitu mengalami torsi sebesar 8.13415 Nm pada TSR 2.01. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya bilah turbin angin, semakin bertambah pula beban yang dialami suatu turbin. Maka dari itu desain dan pembuatan turbin dengan torsi yang besar haruslah dibuat lebih rigid dan solid. Namun pada 4 bilah turbin yang memiliki daya turbin paling besar, torsi yang terbentuk pada grafik terjadi sebesar 7.69 Nm pada TSR 2.29. Dimana nilai ini tidak terlalu tinggi dan tidak terlalu rendah diantar kelima sudu rotor turbin yang disimulasikan. Sehingga stuktur yang harus dibuat juga harus kokoh dan kuat agar dapat menyanggah beban baik saat turbin angin diam maupun berputar, namun dalam segi biaya pembuatan tidak terlalu mahal seperti yang harus dibuat untuk 6 sudu rotor turbin angin.

#### IV. KESIMPULAN

Dengan menggunakan perangkat lunak Qblade v.0963 dilakukannya simulasi numerik turbin angin. Turbin angin yang diuji merupakan jenis VAWT H-Rotor dengan penampang dasar bilah turbin yaitu airfoil NACA 0021. Dengan variasi jumlah bilah rotor turbin sebanyak 2 bilah rotor, 3 bilah rotor, 4 bilah rotor, 5 bilah rotor dan 6 bilah rotor turbin. Diketahui turbin angin dengan spesifikasi ini mampu menghasilkan daya sebesar 68 Watt hingga 75 Watt bergantung pada jumlah bilah turbin yang di gunakan. Turbin dengan 4 buah bilah turbin menghasilkan daya tertinggi diantara kelima bilah turbin yang diuji yaitu sebesar 75 Watt. Dengan daya yang besar turbin ini tidak menghasilkan torsi yang terlalu besar dimana torsi yang terbentuk pada 4 bilah turbin sebesar 7.69 Nm. Nilai ini tidak terlalu besar seperti yang dihasilkan pada 6 buah bilah rotor turbin. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan spesifikasi ini VAWT dengan 4 bilah turbin menghasilkan kinerja terbaik dan tidak menerima beban yang terlalu besar yang menyebabkan biaya pembuatan tidak mahal. Namun sebaiknya pembuatan turbin haruslah tetap didesain rigid dan solid.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terimakasih saya sampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo khususnya Jurusan Teknik Mesin kepada Staff Pengajar terutama kepada pembimbing saya Bapak Dr. Eng. Rachmad Firdaus ST. MT dan Staff Admin dan Laboran yang telah mendukung dan membimbing saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] F. Kanyako, "Vertical Axis Wind Turbine Performance Prediction , High and Low Fidelity Analysis," 2014.
- [2] C. Nguyen, T. Le, and P. Tran, "A Numerical Study of Thickness Effect of the Symmetric NACA 4-Digit Airfoils on Self Starting Capability of a 1kW H-Type Vertical Axis Wind Turbine A numerical study of thickness effect of the symmetric NACA 4-digit airfoils on self starting capability of," no. February, 2015.
- [3] R. Firdaus, T. Kiwata, K. Nagao, and T. Kono, "The influence of the number of rotor blades on the performance of orthopter wind turbine," vol. 08008, pp. 4–7, 2018.
- [4] F. T. Industri, "NUMERICAL STUDY OF DARRIEUS WIND TURBINE WITH VARIATION OF THE NUMBER," 2016.

- [5] E. Pane, "Optimasi perancangan turbin angin vertikal tipe darrieus untuk penerangan di jalan tol," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [6] P. M. Kumar, K. Sivalingam, and T. Lim, "clean technologies Strategies for Enhancing the Low Wind Speed Performance of H-Darrieus Wind Turbine — Part 1," pp. 185–204, 2019.
- [7] F. M. H. M. Alqurashi, "Aerodynamic Forces Affecting the H-Rotor Darrieus," vol. 2020, 2020.
- [8] D. Marten, G. Pechlivanoglou, and C. N. Nayeri, "QBLADE : An Open Source Tool for Design and Simulation of Horizontal and Vertical Axis Wind Turbines QBLADE : AN OPEN SOURCE TOOL FOR DESIGN AND SIMULATION OF HORIZONTAL AND VERTICAL AXIS WIND TURBINES," no. March, 2013.
- [9] J. V. Tuapetel *et al.*, "ANALISIS DAN PENGUJIAN KINERJA TURBIN ANGIN SAVONIUS 4 SUDU," vol. 3, no. 2, pp. 46–52, 2019.
- [10] E. E. Widodo, "Unjuk Kerja Turbin Angin Darrieus Tipe H Berpenampang Sudu NACA 2415 Dengan Tiga Variasi Diameter," 2019.