

Perancangan, Pembuatan dan Pengujian Turbin Angin Aeromine

Yonnas Aldy Kuncoro¹, Daru Sugati², Eka Yawara³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Yogyakarta

Jl. Babarsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta 55281

*Corresponding author: daru@itny.ac.id

Abstract

Aerodynamic characteristics are very important in aerodynamic application science, which aims to obtain maximum performance from an airfoil shape. This aerodynamic characteristics analysis was carried out on the NACA 2412 airfoil with the aim of this research being to analyse the aerodynamic characteristics which was carried out by studying the pressure distribution along the contour of the NACA 2412 airfoil blanket and determining the distance between the gaps (spaces) of the NACA 2412 airfoil on the pressure distribution and suction discharge. The method used in this research is engineering design. This method is carried out by designing, and making a model of the NACA 2412 airfoil and then testing it by varying the airflow speed against the airfoil blanket and varying the distance between the gaps (spacing) of the two airfoils and configuring the AeroMINE of a pair of facing foils investigated in wind tunnel testing. The results of the discussion are related to the formulation of the problem regarding determining the distribution of airflow on the NACA 2412 airfoil blanket. During testing, a test failure occurred due to the measuring instrument (mpx 5100dp sensor) which was unable to read the data so in the conclusion of the test results there was a failure in the test. Meanwhile, the results of the comparison regarding determining the spacing between airfoils show that the peak point that produces a high average discharge is at a distance of 3 cm. So it can be concluded that to get a high airflow velocity, the most optimal spacing/gap is 3 cm.

Keywords: aerodynamics, airfoil, wind speed, NACA 2412.

Abstrak

Karakteristik aerodinamika merupakan suatu hal yang sangat penting dalam bidang ilmu aplikasi aerodinamika yang ditujukan untuk mendapatkan performa maksimum dari suatu bentuk airfoil. Analisis karakteristik aerodinamika ini dilakukan pada airfoil NACA 2412 dengan tujuan dalam penelitian ini adalah menganalisa karakteristik aerodinamika yang dilakukan dengan mengkaji pendistribusian tekanan di sepanjang kontur selimut airfoil NACA 2412 serta menentukan jarak antar celah (spasi) airfoil NACA 2412 terhadap distribusi tekanan dan debit hisap. Metode yang digunakan adalah metode penelitian ini menggunakan rancangan teknik. Metode ini dilakukan dengan merancang, membuat model airfoil NACA 2412 kemudian menguji dengan memvariasikan kecepatan aliran udara terhadap selimut airfoil dan memvariasikan jarak antar celah (spasi) kedua airfoil serta mengkonfigurasi AeroMINE dari sepasang foil yang berhadapan diselidiki dalam pengujian terowongan angin (*wind tunnel*). Hasil dari pembahasan terkait rumusan masalah mengenai menentukan distribusi aliran udara pada selimut airfoil NACA 2412 pada saat pengujian terjadi kegagalan pengujian yang disebabkan alat ukur (sensor mpx 5100dp) yang tidak mampu membaca data sehingga dalam kesimpulan hasil pengujian terjadi kegagalan dalam pengujian. Sedangkan hasil dari perbandingan mengenai menentukan jarak spasi antar airfoil menunjukkan titik puncak yang menghasilkan rata-rata debit yang tinggi berada di jarak 3 cm. sehingga disimpulkan hasil agar mendapat kecepatan aliran udara yang tinggi maka jarak spasi/celah yang paling optimal adalah dengan jarak 3 cm.

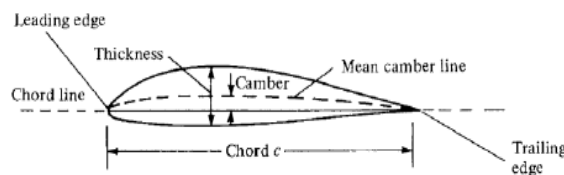
Kata kunci: Aerodinamika, Airfoil, Kecepatan angin, NACA 2412.

PENDAHULUAN

Perangkat tenaga angin yang didistribusikan pada skala atap mempunyai tiga kelemahan utama. Pertama, mereka biasanya menyapu wilayah yang relatif kecil dan dengan demikian menghasilkan daya yang kecil secara proporsional. Kedua, mereka sering kali memiliki banyak komponen yang bergerak pada ketinggian, sering kali terkena lingkungan yang keras, yang menyebabkan getaran dan kegagalan mekanis. Ketiga, mereka biasanya menggunakan bilah eksternal yang bergerak cepat yang memerlukan jarak jarak jauh demi keselamatan manusia dan dapat menghasilkan kebisingan aero-akustik yang signifikan. Karena kelemahan-kelemahan ini, penetrasi pasar tenaga angin di titik penggunaan hanya sedikit. Misalnya, di Amerika Serikat, pasar titik penggunaan didominasi oleh fotovoltaik surya (PV), sedangkan energi angin yang didistribusikan hampir tidak ada, dan mengalami penurunan dalam beberapa tahun terakhir. Karena tidak memiliki bagian luar, mesin pemanen angin AeroMINE (Motionless, INtegrated Extraction) dapat dibuat berukuran sangat besar agar dapat menyapu area yang luas dengan aman. Hal ini mengatasi semua kelemahan yang tercantum di atas, memungkinkan AeroMINE mencapai *levelized-cost-of-electricity* (LCOE) yang berpotensi layak di pasar. Hal ini akan memungkinkan angin yang didistribusikan pada skala atap dapat secara signifikan menambah pembangkitan energi ramah lingkungan yang didistribusikan [1].

Riset yang mengacu pada pengembangan teknologi aerodinamika sangat berkembang pesat yaitu airfoil sebagai salah satu bagian penting dalam dunia aerodinamika telah banyak dilakukan pada tahun-tahun belakangan ini. Hasil dari berbagai eksperimen telah banyak digunakan untuk mendesain airfoil dalam berbagai konfigurasi sayap pesawat yang sesuai dengan penggunaannya. Airfoil sebagai luasan yang ditempatkan dalam aliran udara untuk menghasilkan gaya aerodinamika yang efisien, ketika udara bergerak melalui airfoil udara tersebut terbelah dan melewati permukaan airfoil dan berfungsi sebagai model bentuk untuk mendapatkan gaya angkat dan gaya hambat. Airfoil adalah bagian dari pesawat terbang yang merepresentasikan bentuk dari suatu sayap pesawat yang dapat menghasilkan gaya angkat (*lift*) atau efek aerodinamika ketika melewati suatu aliran udara. Airfoil merupakan bentuk dari potongan melintang sayap yang dihasilkan oleh perpotongan tegak lurus sayap terhadap pesawat [2].

Airfoil yang digunakan dalam penelitian ini adalah NACA 2412 dengan panjang chord 150 mm. Airfoil ini adalah jenis airfoil tidak simetris dan memiliki 4 digit. Digit pertama menyatakan *maximum camber* terhadap *chord*, digit kedua menyatakan posisi *maximum camber* pada *chord* dari *leading edge* dan dua digit terakhir menyatakan persentase *maximum thickness* airfoil terhadap *chord*. Bagian bagian airfoil yang disebutkan sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 1 [3].



Gambar 1. Bagian Bagian Airfoil (*Fundamentals of Aerodynamics*, 2011)

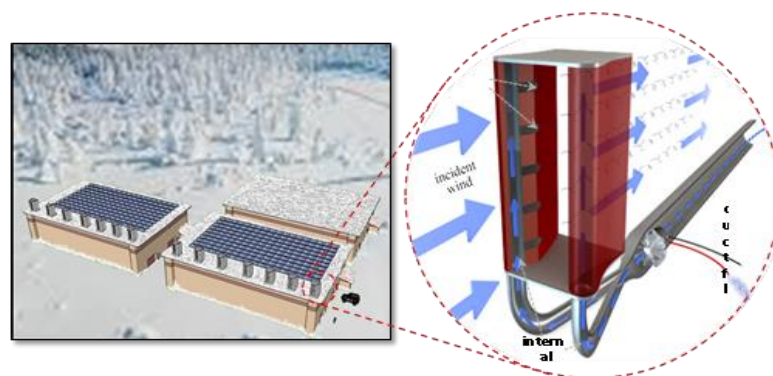
Jenis airfoil ini memiliki permukaan atas dan bawah yang melengkung keatas, sehingga memiliki *camber* rata-rata yang relatif tinggi. Airfoil jenis ini biasa digunakan untuk *scale model*, *sailplane*, *free flight* serta paling umum digunakan pada pesawat yang membutuhkan

gaya angkat yang tinggi dikarenakan semakin besar sudut serangnya (*Angle of Attack*) maka semakin besar juga rata-rata nilai koefisien angkat atau *Coefficient Lift (CL)*.

Perubahan sudut serang airfoil memainkan peran sangat penting terhadap karakteristik aerodinamika aliran, seperti koefisien *lift*, koefisien *drag*, rasio *lift-drag(L/D)*, koefisien tekanan dan profil aliran. Pada kecepatan yang tetap gaya angkat akan meningkat seiring dengan peningkatan sudut serang hingga mencapai nilai maksimumnya dan kemudian tiba-tiba turun, fenomena ini disebut *stalling*. Metode eksperimen dengan terowongan angin (*Wind Tunnel*) dimana kondisi aliran mempengaruhi kinerja model *airfoil*, model uji ditempatkan pada *force balancing* dengan dimensi 15 cm (panjang) x 10 cm (lebar) dan jumlah lubang kecil 14 dengan diameter ukuran 2 cm serta 1 lubang besar dengan diameter ukuran 15 cm. Parameter aliran yang berkaitan dengan *mach number* dan *reynolds number* sesuai dengan keadaan sebenarnya, penelitian ini menggunakan wind tunnel karena mudah penggunaannya dan didapatkan gaya lift dan drag secara langsung ketika pengujian.

Generator tenaga angin terdistribusi AeroMINE (*Aero Motionless, INtegrated EXtraction*) tidak memiliki bagian eksternal yang bergerak dan mudah diintegrasikan ke dalam bangunan (Gambar 2a). Dengan memaksimalkan area pembangkit listrik tenaga angin yang luas dengan desain yang andal, AeroMINE mengatasi tantangan yang membantu solusi pembangkit listrik tenaga angin terdistribusi lainnya dan mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin terdistribusi untuk memainkan peran penting dalam pasar energi.

Angin yang datang menciptakan daerah bertekanan rendah di antara pasangan airfoil cermin, dan hisapan ini menarik udara dari lubang (jet udara) di kulit foil, dari interior airfoil berongga, yang disuplai oleh manifold yang dilengkapi generator turbin (Gambar 2b). Generator turbin ini diletakkan di atas atap gedung. Desain AeroMINE yang dilindungi paten bersifat modular dan terukur. Mereka melengkapi fotovoltaik surya (PV) di atap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 a. Rincian tambahan tentang pengoperasian AeroMINE, termasuk optimalisasi kinerja, dapat dilihat pada Gambar 2.a [2]

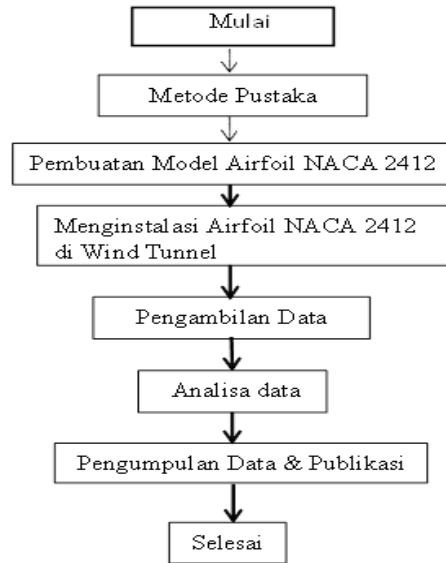


Gambar 2. Terdiri dari a) 14 pasang AeroMINE pada bangunan terpeci yang dipadukan dengan 180 panel PV surya membentuk sistem energi terdistribusi untuk kondisi cuaca buruk, dan b) skema pengoperasian sepasang AeroMINE [2]

METODE PENELITIAN

Diagram Alur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini menghasilkan, diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram Alir

Studi awal penulis mencoba mengumpulkan informasi dan data didukung oleh teori-teori yang bersumber dari buku, *e-book*, Jurnal ilmiah, Web terpercaya dan Penelitian orang lain yang saling berkaitan. Tahap pengumpulan data setelah studi awal yakni, mengumpulkan data airfoil dan cara mensimulasikannya serta yang terpenting adalah input data geometri airfoil (*DAT File*) yang bersumber dari situs resmi Airfoil Tools (NACA 2412) sehingga harapannya *design* airfoil berstandar. Selanjutnya tahap untuk permodelan 3D dapat dilakukan dengan memasukan data koordinat yang didapat dari situs resmi Airfoil Tools (NACA 2412) ke dalam *software Inventor*.

Peralatan dan Bahan

Peralatan dan bahan merupakan pendukung untuk menyelesaikan tugas akhir. Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan menggunakan *software* yaitu, *Inventor 2020*. Selain itu dalam tahap pengujian dalam pengambilan data ada beberapa perlengkapan alat yang digunakan dalam proses pengujian adalah sebagai berikut:

1. Flowmeter
Flowmeter adalah alat pengukur laju aliran udara.



Gambar 4. Flowmeter (Dokumentasi pribadi)

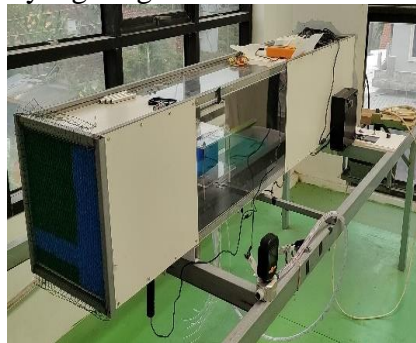
2. Anemometer
Anemometer adalah alat pengukur kecepatan angin.



Gambar 5. Anemometer (Dokumentasi pribadi)

3. Wind Tunnel

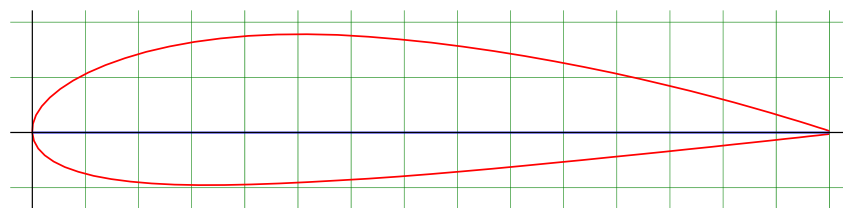
Wind Tunnel adalah alat yang digunakan dalam penelitian aerodinamika yang mempelajari efek dari udara yang bergerak melewati benda padat.



Gambar 6. Wind tunnel (Dokumentasi pribadi)

Perancangan Perangkat Lunak Airfoil NACA 2412

Perancangan perangkat lunak menggunakan *software Inventor*. Seperti yang dituliskan sebelumnya tujuan utama perancangan dengan menggunakan *software Inventor* adalah untuk mendapatkan permodelan airfoil NACA 2412. *Design 3D* dimulai dari data koordinat. Koordinat X,Y Airfoil NACA 2412 didapatkan dari UIUC *Airfoil Coordinate Database*. Koordinat XY airfoil NACA 2412 (“UIUC Airfoil Data Site,” n.d.) dapat dilihat hasil yang diharapkan untuk permodelan 3D adalah seperti pada Gambar 7.



Name = NACA 2412 Airfoil M=2.0% P=40.0% T=12.0%
Chord = 150mm Radius = 0mm Thickness = 150% Origin = 0% Pitch = 0°

Gambar 7. Airfoil NACA 2412

Prosedur penelitian

Prosedur penelitian ini menggunakan rancangan teknik yang terdiri dari tiga tahapan, yaitu :

- a. Menggunakan tahapan pendekatan rancangan airfoil NACA 2412.
- b. Menggunakan tahapan pembuatan airfoil NACA 2412.
- c. Menggunakan tahapan pengujian dengan memasukkan airfoil NACA 2412 ke wind tunnel yang sudah ada.

Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Variasi kecepatan aliran udara.

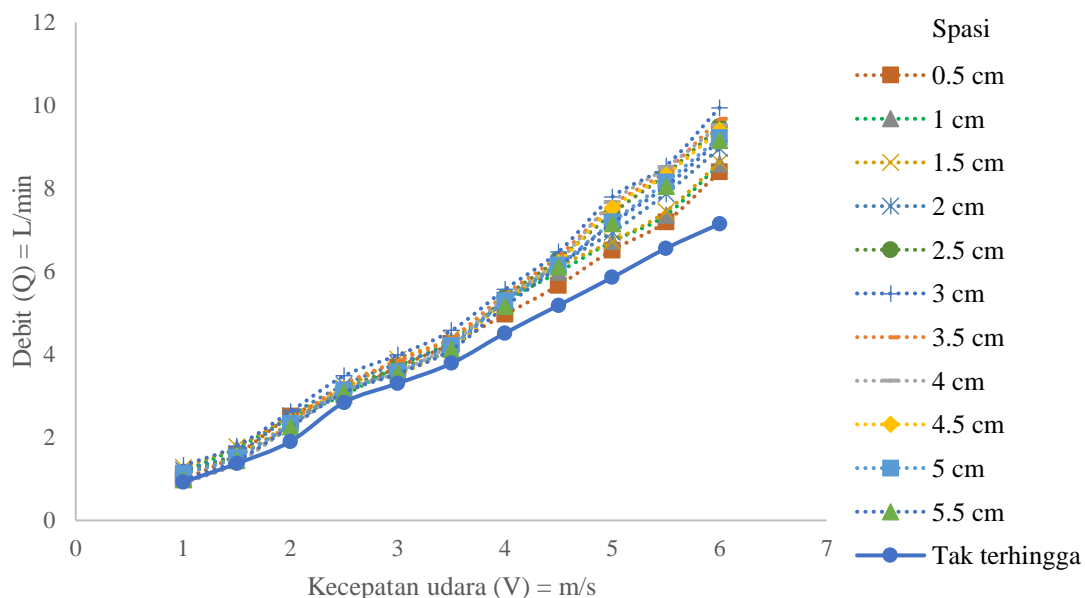
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Pengujian dilakukan pada variasi kecepatan aliran udara yang di ujikan pada airfoil NACA 2412 serta dengan berbagai variasi jarak spasi/celah yang berbeda-beda. Setiap pengambilan data, dilakukan dengan 1 kali pengujian. Dalam satu kali pengujian menggunakan variasi kecepatan udara dimulai dari 1 m/s - 6 m/s dengan variasi jarak antar celah airfoil mulai dari 0.5 cm – 5.5 cm. Sehingga didapat hasil dari tekanan debit dari hasil pengujiannya dengan melakukan secara berulang.

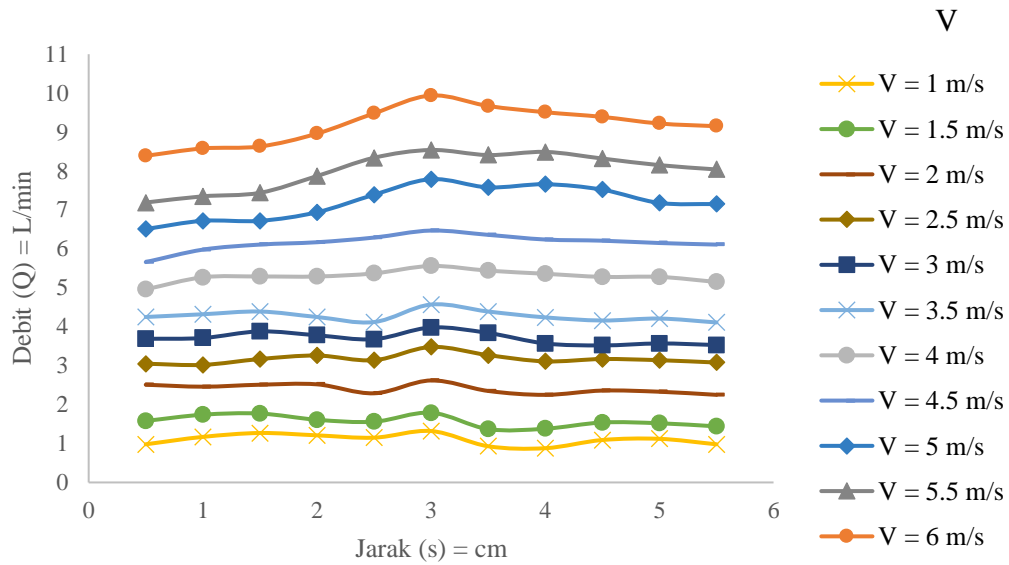
Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan pada airfoil NACA 2412 terhadap hubungan antara variasi kecepatan udara dengan antar jarak spasi/celah airfoil sehingga didapatkan hasil :



Gambar 8. Grafik perbandingan hubungan antara variasi kecepatan udara dengan antar jarak celah airfoil

Berdasarkan hasil dari perbandingan tersebut rata-rata menunjukkan grafik debit di setiap variasi kecepatan mengalami peningkatan, yang disebabkan dari semakin tinggi kecepatan udara yang dihisap sehingga dapat menyebabkan debit yang dihasilkan juga semakin tinggi. Selain itu dari perbandingan tersebut menunjukkan debit yang dihasilkan terhadap celah antar airfoil tidak ada perbedaan yang signifikan / hampir sama dari berbagai setiap hasil uji variasi kecepatan udara [5]. Pengujian terhadap hasil uji variasi jarak terhadap kecepatan udara konstan mulai dari kecepatan 1 - 6 m/s didapatkan hasil dengan digambarkan melalui tabel grafik sebagai berikut yaitu:



Gambar 9. Grafik perbandingan hubungan antara hasil uji variasi jarak terhadap antar celah airfoil

Berdasarkan hasil dari perbandingan di atas menunjukkan kenaikan debit mulai jarak 1 cm menuju pada jarak 3 cm setelah itu menurun pada jarak 4 cm setelah mengalami kenaikan pada jarak 4.5 cm dan setelah itu tren mengalami penurunan pada jarak 5.5 cm sehingga disimpulkan pada jarak 5.5 cm keatas / semakin lebar jarak antar airfoil maka debit yang dihasilkan semakin turun [6]. Selain itu dalam hasil uji jarak terhadap kecepatan udara konstan menghasilkan tren hasil yang tidak ada perbedaan yang jauh cenderung sama disetiap variasi jarak antar airfoil sehingga yang terjadi menghasilkan pengaruh kecil debit yang dihasilkan disetiap jarak antar celah kedua airfoil. Pada grafik di atas mengalami peningkatan yang menghasilkan tekanan tinggi pada jarak 3 cm. Maka dari itu bisa disimpulkan titik puncak debit yang tinggi berada di jarak 3 cm. sehingga didapat hasil agar mendapat kecepatan aliran udara yang tinggi maka jarak spasi/celah yang paling optimal adalah dengan jarak 3 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai airfoil NACA 2412 maka disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari pembahasan terkait rumusan masalah mengenai menentukan distribusi aliran udara pada selimut airfoil NACA 2412 pada saat pengujian terjadi kegagalan pengujian yang disebabkan alat ukur (sensor mpx 5100dp) yang tidak mampu membaca data sehingga dalam kesimpulan hasil pengujian terjadi kegagalan dalam pengujian.
2. Hasil dari perbandingan mengenai menentukan jarak spasi antar airfoil menunjukkan titik puncak yang menghasilkan rata-rata debit yang tinggi berada di jarak 3 cm. sehingga disimpulkan hasil agar mendapat kecepatan aliran udara yang tinggi maka jarak spasi/celah yang paling optimal adalah dengan jarak 3 cm.

REFERENSI

- [1] Houchens, B.C., Marian, D.V., Pol, S. and Westergaard, C.H. Pilot-scale performance of AeroMINE at low wind speeds. *Proceedings of the 2021 Wind Energy Science Conf.*, Hannover, Germany, 2021.

- [2] Houchens, B. C., Marian, D. V., Pol, S. and Westergaard, C. H. "A Novel Energy Conversion Device for Wind and Hydro-kinetic Applications," *Proceedings of the ASME-JSME-KSME 2019 Joint Fluids Engineering Conference*, AJKFLUIDS2019-5542, ASME, San Francisco, CA, 2019.
- [3] M. Mirsal Lubis. (2012). *Analisis Aerodinamika Airfoil Naca 2412 Pada Sayap Pesawat Model Tipe Glider Dengan Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamic Untuk Memperoleh Gaya Angkat Maksimum*. Departemen Teknik Mesin.
- [4] NACA 4 digit airfoil generator (NACA 2412 AIRFOIL). Diunduh dari <http://airfoiltools.com/airfoil/naca4digit>
- [5] Orrell, A. C., Foster, N. F., Morris, S. L. and Homer, J. S. (2016) Distributed Wind Market Report," *Prepared for the U.S. Department of Energy Office of Energy Efficiency and Renewable Energy* by the Pacific Northwest National Laboratory, 2017.
- [6] Selig, M.S., Guglielmo, J.J., Broeren, A.P. and Giguere, P. "Summary of Low-Speed Airfoil Data," Vol. 1, 1995.
- [7] Westergaard, C.H., *Fluid flow energy extraction system and method* related thereto, US2017298900, US Patent Office.
- [8] White, F. (1998). *Fluid Mechanics Fourth Edition*. United States: McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering.