



DESIGN AND DEVELOPMENT MEDIA MINI WIND TUNNEL

Fachruurazi Salman Hafidz^{1*}, Maris Al Gifari², Ridwan Adam Muhamad Noor³

Universitas Pendidikan Indonesia, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

Jl. Dr. Setiabudhi No. 229 Bandung 40154

Correspondent email : Ajjsalman65@upi.edu*

ABSTRACT/ABSTRAK

This study aims to design, build, and analyze the lift force, down force, and airflow characteristics of the NACA 0012 airfoil as a solution to the problem of the absence of media. This study uses the Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation (ADDIE) method. The study shows the stages of the mini wind tunnel design process and uses a technology system in the form of Arduino to help read the force using the hx711 load cell sensor which is useful for reading the weight of an object and is connected to the Liquid Cristal Display (LCD) screen. The result of the study shows that airfoils with an angle of attack of 15° and -15° with a wind speed touching the airfoil of 5.5 m / s, the lift force and down force on the NACA 0012 airfoil tested through the mini wind tunnel media show that the airfoil angle tilt affects the force acting on the airfoil. The airflow characteristics produced on the NACA 0012 airfoil with the help of steam and wind pressure of 2.8 m/s with angles of attack of 0°, 5°, 10°, 15°, -5°, -10°, and -15° found that each angle of attack has airflow characteristics that will affect the force received by the airfoil.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membangun, dan menganalisis gaya *lift*, *down force*, dan karakter *airflow* pada *airfoil* NACA 0012 sebagai solusi dari permasalahan ketidakadaan media. Penelitian menggunakan metode Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi (ADDIE). Penelitian menunjukkan tahapan proses rancang bangun *mini wind tunnel* dan menggunakan sistem teknologi berupa Arduino untuk membantu pembacaan gaya menggunakan sensor *load cell* hx711 yang berguna untuk membaca bobot suatu benda dan terhubung pada layar *Liquid Cristal Display* (LCD). Hasil dari penelitian menunjukkan *airfoil* dengan sudut serang 15° dan -15° dengan kecepatan angin yang menyentuh *airfoil* sebesar 5,5 m/s, gaya *lift* dan gaya *down force* pada *airfoil* NACA 0012 yang diujikan melalui media *mini wind tunnel* menunjukkan kemiringan sudut *airfoil* mempengaruhi gaya yang berkerja pada *airfoil*. Karakter *airflow* udara yang dihasilkan pada *airfoil* NACA 0012 dengan bantuan uap dan tekanan angin sebesar 2,8 m/s dengan sudut serang 0°, 5°, 10°, 15°, -5°, -10°, dan -15° didapati bahwa setiap sudut serang memiliki karakteristik *airflow* yang akan mempengaruhi gaya yang di terima oleh *airfoil*.

ARTICLE INFO

Article History:

Submitted/Received
03 Mar 2025

First Revised
25 Apr 2025

Accepted
16 May 2025

Online Date
18 May 2025

Publication Date
01 Jun 2025

Keywords:

Arduino, Media, NACA 0012, Wind Tunnel

Kata kunci:

Arduino, Media, NACA 0012, Wind Tunnel

1. PENDAHULUAN

Membahas dunia otomotif maupun penerbangan tidak akan terlepas dari ilmu mekanika fluida. Hal tersebut membuat manusia khususnya peneliti bidang otomotif meningkatkan teknologi dan ilmu pengetahuan untuk mendesain kendaraan yang aerodinamis atau memiliki gaya hambat (*coefficient drag*) seminimal mungkin (Indrawan & Mulyadi, 2024), sebagai usaha untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan kestabilan pada kecepatan tinggi (Fahira, 2025). Salah satu langkah untuk memeriksa aerodinamika pada kendaraan tersebut adalah dengan melakukan pengujian menggunakan *wind tunnel*. Khodwe (2021) menyatakan bahwa *Wind tunnel* digunakan untuk mempelajari gerakan aliran udara, dengan menampilkan aliran udara secara visual untuk memahami karakteristik aerodinamika dari kendaraan tersebut.

Pembelajaran merupakan suatu kegiatan memberikan pengetahuan kepada peserta didik oleh pendidik yang dalam upaya ini dibutuhkan berbagai sumber untuk belajar (Junaedi, 2019). Pembelajaran dengan fasilitas yang lengkap dapat membantu keberlangsungan kegiatan tersebut, salah satunya adalah dengan penggunaan media pada pembelajaran (Ramadani, *et. al.*, 2023). Penggunaan media pembelajaran sebagai sarana komunikasi dapat mengembangkan minat yang secara tidak langsung pula berpengaruh terhadap psikologis dalam pembelajaran (Wulandari, *et. al.*, 2023).

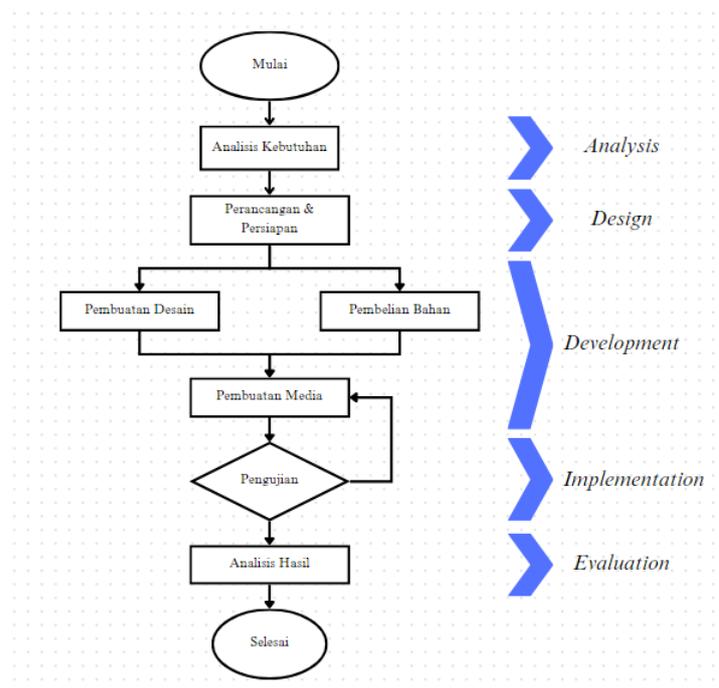
Pendidikan Teknik Otomotif merupakan salah satu bidang pendidikan yang mempelajari mengenai teknologi pesawat terbang. Pembelajaran pesawat terbang mempelajari mengenai dasar-dasar dari teknologi pesawat terbang seperti *drag* dan *lift* pada suatu benda (Hidayat, 2014). Namun, setelah melakukan diskusi serta wawancara dengan pengajar pada mata kuliah tersebut didapati kurangnya fasilitas media sarana menjadi kendala dalam mempelajari pengetahuan tersebut. Hal ini berakibat pada pelajar yang menjadi kurang tanggap terhadap pengetahuan yang diajarkan (Mukarromah & Andriana, 2022)

Berdasarkan hal tersebut, maka peneliti tertarik untuk membuat media *mini wind tunnel* sebagai solusi dari permasalahan yang diangkat. *Wind tunnel* (terowongan angin) merupakan media atau alat yang digunakan dalam mengukur suatu aliran udara dalam ruang, baik secara tertutup maupun terbuka (Aditya, *et. al.*, 2023). Media *Mini wind tunnel* yang di rancang terdiri dari 3 bagian yaitu *contraction section*, *test section* dan *diffuser* (Alrobaian, A. A., *et. al.*, 2018). Komponen tambahan seperti arduino, kipas dan mesin pembuat uap dapat membantu untuk mempelajari teknologi *wind tunnel*. Sebagai objek uji

coba media ini dirancang agar dapat memvisualisasikan aliran udara pada *airfoil* NACA 0012.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan media *mini wind tunnel* dilakukan melalui penelitian *Research & Design* dengan metode yang terdiri dari lima komponen yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation* (ADDIE). Tahap-tahap perancangan dalam penggunaan metode ADDIE yaitu *analisis* (menganalisis), *design* (merancang), *development* (mengembangkan), *implementation* (mengimplementasikan), dan *evaluation* (mengevaluasi) (Juanda, Y. M., & Hendriyani, Y., 2022). Kelima tahap atau langkah ini sangat sederhana jika dibandingkan dengan model desain yang lainnya. Sifatnya yang sederhana dan terstruktur dengan sistematis maka model desain ini mudah dipahami dan diaplikasikan (Rosmiati, M., & Sitasi, C., 2019). Sesuai dengan tahapan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Berikut merupakan tahapan mulai dari persiapan, rancangan hingga pembentukan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari gambar 1.

a. Persiapan dan Perancangan

Tahap awal adalah melakukan persiapan dan perancangan untuk membuat media *mini wind tunnel*, mulai dari mempersiapkan alat dan bahan untuk membentuk media,

merancang media dan juga harus memperhatikan aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

b. Pembuatan Desain *Mini Wind Tunnel*

Pembuatan desain 3D dilakukan untuk mempermudah ketika proses pembentukan media *mini wind tunnel*. Pada tahapan ini dilakukan dengan membuat desain pada *Software autodesk inventor*.

c. Pengukuran dan Pemotongan Bahan

Proses ini dilakukan pengukuran bahan untuk menyesuaikan dengan ukuran dan dilanjutkan pemotongan bahan menggunakan alat pemotong.

d. Pembentukan Bahan

Setelah tersedia potongan bahan sesuai ukuran, lanjut membentuk bahan mulai dari bagian *contraction*, *test section*, hingga *diffuser*. Lem digunakan sebagai penyatu tiap bagian *wind tunnel*, selain itu juga ditambahkan plat besi agar tidak mudah lepas.

e. Pendempulan dan Pengamplasan Bahan

Setelah terbentuk dilakukan sedikit pendempulan pada bagian yang tidak rata, lalu dilakukan pengamplasan agar permukaan menjadi halus.

f. Pengecatan

Tahapan selanjutnya dilakukan proses pengecatan. Pengecatan dilakukan setelah proses pendempulan dan pengamplasan dilakukan dan media terlihat rapi, bersih dan siap di cat.

g. Pemasangan Komponen Media *Mini Wind Tunnel*

Setelah media mulai terbentuk, selanjutnya melakukan pemasangan komponen pendukung seperti *fan*, lampu *Light Emitting Diode (LED)*, dan *power supply*.

h. Mendesain dan membentuk *Airfoil NACA0012*

Tahap ini mulai mendesain *airfoil NACA0012* sesuai angka pada panduan dan angka tersebut dirubah menjadi sebuah model 3D menggunakan *software Autodesk inventor*. Sesudah mendapatkan model lalu mulai dibentuk menggunakan mesin 3D *print* untuk mendapatkan bentuk sesuai dengan ukuran pada model desain.

i. Perakitan Mikrokontroler Arduino

Tahap berikutnya yaitu merakit komponen mikrokontroler yang akan digunakan, mulai dari arduino uno R3, sensor *loadcell hx711*, dan layar LCD.

j. Pemograman Mikrokontroler Arduino

Proses ini dilakukan pemrograman suatu sistem sesuai panduan dengan tujuan untuk memberikan hasil yang akurat. Pada proses ini dilakukan pemrograman yang dilakukan pada mikrokontroler yaitu arduino uno R3 dan sensor *loadcell* hx711.

k. Pemasangan Mikrokontroler Arduino pada Media *Mini Wind Tunnel*

Proses pemasangan mikrokontroler dilakukan setelah media terbentuk dengan baik. Pemasangan dilakukan dengan menyesuaikan tempat untuk dilakukan pembacaan dengan sensor kepada objek pengujian. Penempatan sensor *load cell* hx711 berada tepat dibawah objek agar dapat menghasilkan pembacaan yang akurat. Proses pemasangan harus dilakukan dengan benar, hal ini bertujuan agar tidak ada kekeliruan yang timbul pada pembacaan objek karena kesalahan pada saat penempatan.abbott

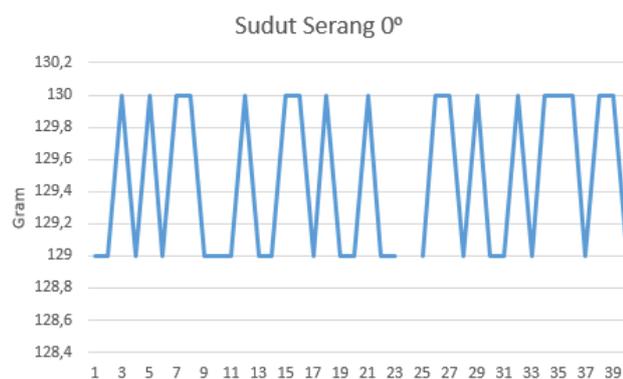
l. Pengujian

Setelah semua tahap terselesaikan, selanjutnya pada tahap terakhir dilakukan pengujian untuk memeriksa kegunaan media dan penyesuaian untuk pembacaan sensor dengan objek yang di uji.

3. HASIL PENELITIAN

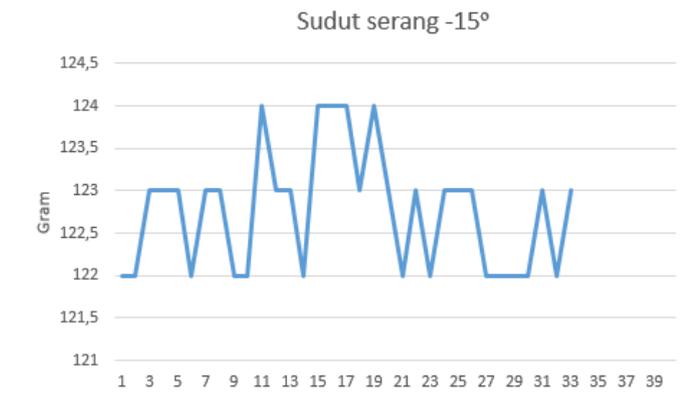
Analisis dari penelitian dilakukan pada tahap *Implementation* pada metode ADDIE. Pengamatan dilakukan melalui dua faktor pemeriksaan dari keluaran *wind tunnel* yaitu gaya dan *airflow*, yang didapat dari hasil ujicoba pada *Airfoil*. Berikut merupakan data yang telah diambil setelah melalui percobaan.

a. Gaya pada *Airfoil* NACA 0012



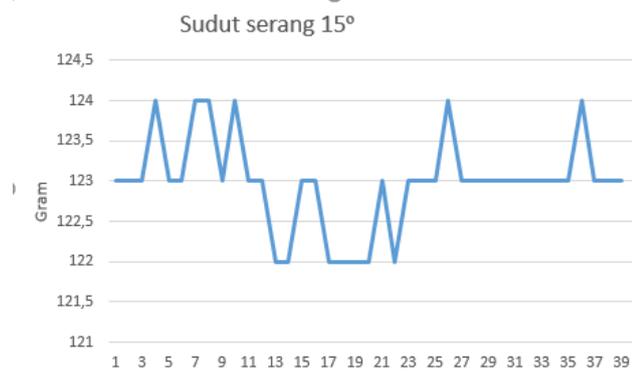
Gambar 2. Grafik Sudut Serang 0°

Grafik dari sudut serang 0° ditunjukkan pada Gambar 2, dimana menunjukkan angka yang stabil berkisar 129 gram hingga 130 gram yang berarti tidak ada perubahan berat signifikan dari bobot *airfoil* saat terkena angin dengan kecepatan 5,5 m/s.



Gambar 3. Grafik Sudut Serang -15°

Grafik dari sudut serang -15° yang ditunjukkan pada Gambar 3, menunjukkan perubahan bobot saat terkena angin dengan kecepatan 5,5 m/s yaitu terlihat perbedaan saat awal bobot dari *airfoil* hanya berkisar 122 gram hingga 123 gram, namun saat *airfoil* terkena angin bobot bertambah menjadi berkisar 124 gram dan saat tidak terkena angin bobot berubah menjadi berkisar 122 gram hingga 123 gram.

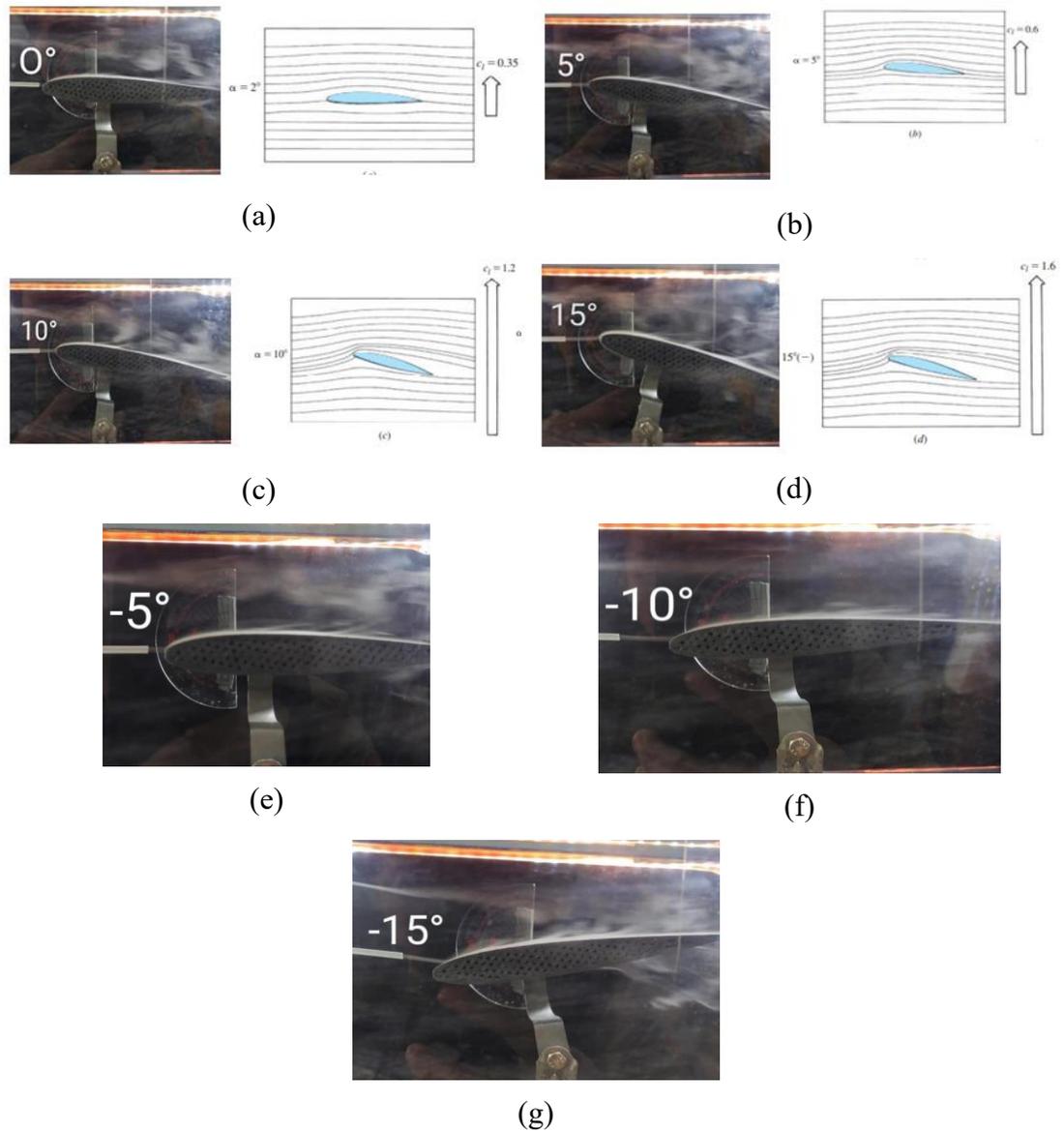


Gambar 4. Grafik Sudut Serang 15°

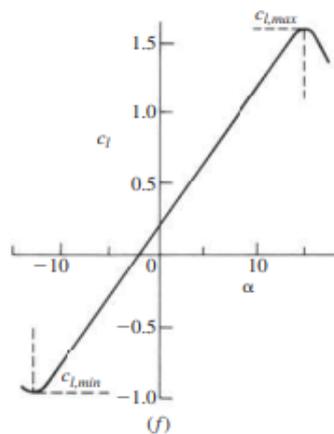
Grafik dari sudut serang 15° yang ditunjukkan pada Gambar 4, menunjukkan perubahan bobot saat terkena angin dengan kecepatan 5,5 m/s yaitu terlihat perbedaan saat awal bobot dari *airfoil* berkisar 123 gram hingga 124 gram, namun saat *airfoil* terkena angin bobot berkurang menjadi berkisar 122 gram dan saat tidak terkena angin bobot kembali menjadi berkisar 123 gram hingga 124 gram.

b. *Airflow* pada *airfoil* NACA0012

Airflow yang terbentuk pada *airfoil* mengalami perubahan tergantung sudut serangnya, terdapat beberapa kali percobaan pada pengujian kali ini dengan sudut serang 0°, 5°, 10°, 15°, -5°, -10°, dan -15°. Pengujian ini menggunakan kecepatan angin 2,8 m/s pada kipas output yang terdapat di bagian *diffuser*. Berikut merupakan hasil dari pengujian *airflow* pada *airfoil*.



Gambar 5. *Airflow* Sudut Serang (a) Sudut Serang 0° ; (b) Sudut Serang 5° ; (c) Sudut Serang 10° ; (d) Sudut Serang 15° ; (e) Sudut Serang -5° ; (f) Sudut Serang -10° ; (g) Sudut Serang -15° .



Gambar 6. Grafik Gaya Angkat

Sudut serang 0° seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 menunjukkan garis *streamline* secara keseluruhan tidak terganggu dari bentuk aslinya dan gaya angkat cenderung kecil atau tidak ada, namun ketika sudut serang dinaikkan menjadi 5° , dan kemudian 10° *streamline* menunjukkan lengkungan keatas di daerah *leading edge*. Selanjutnya saat sudut serang makin dinaikkan hingga 15° , pelepasan aliran udara akan berpindah lebih dekat dengan bagian depan *airfoil* atau *leading edge*. Sebaliknya dari keadaan *airfoil* dengan sudut serang yang positif, saat sudut serang diturunkan menjadi -5° dan kemudian -10° yang menunjukkan gaya turun atau *down force* pada bagian atas permukaan mengalami kenaikan tekanan *streamline* di daerah *leading edge*.

4. PEMBAHASAN

a. Gaya pada *Airfoil*

Hasil besar gaya yang diterima oleh *airfoil* NACA 0012 pada sudut serang 0° menunjukkan bahwa tidak ada gaya yang diterima oleh *airfoil*. Hal ini selaras penelitian Hafid & santoso (2023) yang membuahakan data bahwa pada sudut serang 0° tidak terdapat gaya yang akan mempengaruhi *airfoil*. Selanjutnya, pada sudut serang -15° didapatkan hasil bahwa penambahan bobot pada sensor sebesar 1-2 gram, hal tersebut menunjukkan adanya gaya *down force* pada *airfoil* saat terkena angin dan menekan sensor *load cell* menyebabkan penambahan bobot pada *airfoil*. Pada sudut serang 15° didapati terdapat pengurangan bobot dari *airfoil* sebesar 1-2 gram. hal tersebut menunjukkan adanya gaya lift pada *airfoil* saat terkena angin (Setyawan, et. al., 2024), dan menyebabkan pengurangan bobot pada *airfoil* sesuai dengan aslinya. Hal ini sesuai dengan teori aerodinamika yaitu ketika *airfoil* mendapatkan tekanan yang berbeda pada kedua sisinya maka akan didapati gaya yang bekerja pada *airfoil* tersebut baik gaya ke atas atau gaya ke bawah (Liu T, et. al., 2015).

b. *Airflow* pada *Airfoil* NACA0012

Airflow yang diujikan pada sudut serang 0° , menunjukkan kondisi yang stabil. Tetapi ketika sudut serang perlahan mulai dinaikkan terjadi perubahan pada bentuk *airflow*. Selaras dengan pernyataan dari Chenguang Lai & Zhou (2017) mengamati bahwa “ketika sudut serang meningkat, koefisien *lift* meningkat, dan koefisien *drag* meningkat lebih signifikan pada rentang sudut lebih tinggi dari 5° dibandingkan 0° – 5° .”. Kondisi dengan sudut serang 10° terjadi pelepasan aliran udara atau peningkatan *boundary layer* pada atas permukaan *airfoil*, akibat dari kondisi tersebut menghasilkan

area *vortex* atau pusaran dengan region kecepatan yang tinggi. Hukum bernoulli Menyatakan semakin meningkat kecepatan suatu fluida maka akan menurunkan tekanan dari fluida tersebut (Arfan, F. M., et. al., 2023), maka pada bagian atas *airfoil* akan terjadi penurunan tekanan udara sedangkan dibagian bawah permukaan *airfoil* kondisi tekanannya masih tetap sama. Kondisi tersebut dihasilkan gaya angkat yang seiring bertambah menyesuaikan sudut serang pada *airfoil* (Evrans, S., & Yıldır, S. Z., 2024). Ketika sudut serang mulai kembali dinaikkan sampai ke sudut 15° , pada kondisi tersebut *vortex* semakin meningkat dan akan terjadi penurunan tekanan lebih banyak pada bagian atas permukaan *airfoil* dan gaya angkat pun semakin meningkat. Namun saat pelepasan aliran udara atau *streamline* tersebut mencapai pada titik bagian depan *airfoil* atau *leading edge* akan berakibat *stall* atau kondisi *airfoil* kehilangan gaya angkatnya, Soetanto, M., et. al. (2023) menyatakan bahwa “*stall* pada NACA 0012 terjadi pada sudut serang sekitar 15° ”. Data grafik gaya angkat gambar 9 terlihat terjadinya penurunan tajam saat kondisi sudut serang yang terlalu tinggi.

Ketika sudut serang dibuat dalam keadaan negatif didapati bahwa terdapat gaya kebawah atau *down force* yang terlihat melalui *airflow* yang pada bagian atas *airfoil* dengan lintasan yang lebih pendek dari lintasan pada bagian bawah *airflow* selaras dengan Hukum bernoulli. Ketika kemiringan *airfoil* mencapai -15° pada gambar 12 dialami kelengkungan yang semakin terlihat dan juga efek dari *boundary layer* membuat *vortex* yang cukup terlihat pada bagian bawah permukaan *airfoil* menghasilkan perbedaan tekanan pada bagian bawah dan atas permukaan *airfoil* membuat pesawat akan mengalami gaya turun atau *down force*. Sudut serang AoA (*Angle of Attack*) berbanding lurus dengan *downforce*, semakin tinggi AoA (hingga batas optimal), semakin besar *downforce*-nya. (Öztemel, et. al., 2023) dan peningkatan sudut serang (*angle of attack*) pada *airfoil* NACA 0012 menyebabkan peningkatan koefisien lift secara polinomial. (Sarjito, 2010).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan media, pembahasan dan pengujian di atas, dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut:

- a. Terancang sebuah media *mini wind tunnel* yang bertujuan untuk memudahkan pembelajaran teknologi pesawat terbang yang dapat dipelajari dari media tersebut.
- b. Gaya lift dan gaya *down force* pada *airfoil* NACA 0012 yang diujikan melalui media *mini wind tunnel* menunjukkan bahwa kemiringan sudut dari *airfoil* mempengaruhi gaya

yang berkerja pada *airfoil* pula, dimana gaya tersebut di uji pada *airfoil* dengan sudut serang 15° dan -15° dengan kecepatan angin yang menyentuh *airfoil* sebesar 5,5 m/s.

- c. Karakter *airflow* udara yang dihasilkan pada *airfoil* NACA 0012 dengan bantuan uap dan tekanan angin sebesar 2,8 m/s dengan sudut serang 0° , 5° , 10° , 15° , -5° , -10° , dan -15° didapati bahwa setiap sudut serang memiliki karakteristik *airflow* yang akan mempengaruhi gaya yang di terima oleh *airfoil*.

6. REFERENSI

- Aditya, V., Alchalil, A., Asnawi, A., & Rahman, A. (2023). Analisa Indikator Kinerja Terowongan Angin Rangkaian Terbuka (*Open Circuit Wind Tunnel*) Tipe Subsonic. *Malikussaleh Journal of Mechanical Science & Technology*, 7(2), 120–127.
- Alrobaian, A. A., Khan, S. A., Asadullah, M., & Imtiyaz, A. (2018). A new approach to low-cost open-typed subsonic compressible flow wind tunnel for academic purpose. *International Journal of Mechanical and Production*, 8(6), 383-394.
- Arfan, F. M., Nurillah, N., Pratiwi, N. Y., Anggraeni, T. D., Franola, M. V., Rahmadinni, W., & Saefullah, A. (2023). Rancangan Alat Peraga Penyemprot Serangga Sederhana Pada Penerapan Hukum Bernoulli Dan Fluida Dinamis. *EDUPROXIMA: Jurnal Ilmiah Pendidikan IPA*, 5(1), 21-27.
- Evran, S., & Yildir, S. Z. (2024). Numerical and statistical aerodynamic performance analysis of NACA0009 and NACA4415 airfoils. *Politeknik Dergisi*, 27(3), 849-856.
- Fahira, A. (2025). Optimalisasi Aerodinamika pada Sayap Depan Mobil Formula 1: Pengaruh *Drag* dan *Lift* terhadap Performa Mobil di Bawah Regulasi FIA. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 6(2), 22-28.
- Hafid, A., & Santoso, E. B. (2023). Analisis *Airfoil* (Sayap Pesawat) Terhadap *Coefisien Lift* (CL) dan *Coefisien Drag* (CD) dengan Variasi Kecepatan. *Jurnal Mekanikasista*, 11(1), 74-91.
- Hidayat, M. F. (2014). Analisa Aerodinamika *Airfoil* NACA 0012 dengan ANSYS Fluent. *Jurnal Kajian Teknologi*, 10(2), 84-92.
- Indrawan, Y. & Mulyadi, M. (2024). Pengaruh Variasi Model Body Formula SAE (*Formula Society of Automotive Engineers*) terhadap Efisiensi Kerja dengan Uji Simulasi Aerodinamika. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 3(3), 1-12.
- Juanda, Y. M., & Hendriyani, Y. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Android pada Mata Kuliah Pemrograman Visual dengan Metode Addie. *Jurnal Vokasi Informatika*, 2(1), 20-30.
- Junaedi, I. (2019). Proses Pembelajaran Yang Efektif. *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research*, 3(2), 19-25.
- Khodwe, A. R., Mahindre, Y. A., Kumbharkhane, S. D., & Mankar, S. M. (2021). *Mini Wind Tunnel Testing*. *International Journal of Advance Scientific Research And Engineering Trends*, 6(5), 53-56.
- Lai, C., Ren, B., & Zhou, Y. (2017). *Influence of Wing Angle of Attack and Relative Position on The Aerodynamics of Aerotrain*. *Advances in Mechanical Engineering*, 9(8), 1-12.
- Liu T, Wang S, Zhang X, He G. (2015). *Unsteady Thin Airfoil Theory Revisited: Application of A Simple Lift Formula*. *AIAA J*, 53(6),1493–1502.

- Mukarromah, A., & Andriana, M. . (2022). Peranan Guru dalam Mengembangkan Media Pembelajaran. *Journal of Science and Education Research*, 1(1), 43–50.
- Öztemel, M. A., Aktaş, F., & Yücel, N. (2023). *Aerodynamic Analysis of Car Rear Spoiler with Computational Fluid Dynamics for Different Angles and Profiles*. *International Journal of Energy Studies*, 8(4), 649-665.
- Ramadani, F., Melisa, F., & Putri, D. A. E. (2023). Penerapan Media Pembelajaran Terhadap Motivasi Siswa. *Jurnal Binagogik*, 10(2), 99-106.
- Rosmiati, M., & Sitasi, C. (2019). Animasi Interaktif Sebagai Media Pembelajaran Bahasa Inggris Menggunakan Metode ADDIE. *Paradigma: Jurnal Komputer Dan Informatika Univiersitas Bina Sarana Informatika*, 21(2), 261-268.
- Sarjito, S. (2010). Studi Karakteristik Airfoil Naca 2410 dan Naca 0012 pada Berbagai Variasi *Angle of Attack*. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 11(1), 16-22.
- Setyawan, I., Purwanto, A. E., & Winarta, A. (2024). Analisis Pengaruh Sudut Serang Terhadap Sudu *Airfoil* Naca 4412 Pada Turbin Angin Sumbu Horizontal Menggunakan Simulasi Cfd Solidworks. *Presisi*, 26(2), 48-57.
- Soetanto, M., Sugianto, S., Hartono, B., & Z, M. (2023). *Numerical Study of Aerodynamic Characteristics of Airflow Around NACA 0012 and NACA 4412 Airfoils at Re = 170000*. *International Journal Applied Technology Research*, 4(2), 133-146.
- Wulandari, A. P., Salsabila, A. A., Cahyani, K., Nurazizah, T. S., & Ulfiah, Z. (2023). Pentingnya Media Pembelajaran dalam Proses Belajar Mengajar. *Journal on Education*, 5(2), 3928-3936.