

# ANALISIS PARABOLIC VORTEX GENERATOR DAN WINGLET PADA SAYAP MENGGUNAKAN DIGITAL SUBSONIC WINDTUNNEL

A. K. Asshiddiqi<sup>1</sup>, A. P. Chriswadyanto<sup>2</sup>, M. A. Ghofur<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Prodi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara  
<sup>3</sup>m\_abdulghofur@aau.ac.id (*correspondent email*)

**Abstrak** — Di era modern sekarang ini, dunia teknologi berkembang sangat pesat, misalnya transportasi udara yaitu pesawat terbang. Pesawat terbang adalah kendaraan atau benda yang dapat terbang di atmosfer bumi atau udara. Dengan perkembangan teknologi, pesawat terbang mulai berkembang dari segi desain, bentuk dan mesin untuk memenuhi kebutuhan transportasi udara. Sayap merupakan bagian penting yang ada di pesawat yang berguna untuk menimbulkan gaya angkat pada pesawat. Sayap taper adalah sayap biasa digunakan pada pesawat latih. Model sayap pesawat tersebut memiliki daya angkat yang baik pada kecepatan rendah, tetapi tidak cocok pada kecepatan tinggi. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis bentuk model Airfoil dengan penambahan Vortex Generator dan Winglet terhadap Koefisien Lift dan Koefisien Drag pada 4 spesimen Airfoil yang berbeda. Model 1 sayap tanpa winglet dan vortex generator, model 2 sayap menggunakan vortex generator saja, model 3 sayap menggunakan winglet saja, model 4 sayap menggunakan vortex generator dan winglet. Penelitian ini menggunakan Digital Subsonic Wind Tunnel dengan variasi kecepatan 12 m/s, 14 m/s, 16 m/s. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa nilai Coefficient Lift pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki Coefficient Lift terbaik. Seangkan nilai Coefficient Drag pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki Coefficient Drag terkecil dan sayap yang menggunakan vortex dan winglet menghasilkan Coefficient Drag terbesar. Kemudian nilai Lift to Drag Ratio pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki Lift to Drag Ratio terbesar dan sayap yang menggunakan vortex dan winglet menghasilkan Lift to Drag terkecil pada sudut serang  $3^{\circ}$ .

**Keywords:** *Winglet, Vortex Generator, Digital Subsonic Windtunnel, Coefficient Lift, Coefficient Drag*

## 1. PENDAHULUAN

Drone adalah pesawat tanpa awak yang dikendalikan jarak jauh. Pesawat tanpa awak atau pesawat nirawak (Unmanned Aerial Vehicle atau UAV) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot, pesawat ini

dikendalikan secara otomatis melalui program computer yang dirancang, atau kendali jarak jauh. UAV juga bisa digunakan untuk membawa muatan senjata atau barang lainnya [1]. Di TNI Angkatan Udara saat ini memiliki salah satu jenis UAV yang bernama CH-4. UAV ini dioperasikan di skadron 51 Lanud Supadio Pontianak. Pesawat UAV CH-4 memiliki panjang 11 meter, lebar 20,1 meter, tinggi 3,8 meter, panjang chord root 1,86 meter

dan panjang chord tip 0,73 meter. Pesawat ini memiliki bentangan sayap 9,5 meter dan memiliki bentuk sayap taper [2]. Sayap merupakan komponen paling penting dari bagian besar pesawat yang berfungsi untuk menghasilkan gaya angkat (lift) [3]. Teknologi sekarang yang berkembang sangat pesat contohnya dalam dunia penerbangan, perkembangan tersebut terlihat pada pesawat yang menggunakan penambahan winglet yang terletak pada ujung sayap pesawat terbang. Winglet berfungsi untuk mengurangi terjadinya wingtip vortex [2] dan meningkatkan efisiensi bahan bakar, menambah jarak tempuh pesawat terbang, dan menurunkan nilai induced drag [4] [5]. Selain winglet pesawat juga ditambahkan Vortex Generator. Vortex Generator merupakan salah satu jenis turbulent generator yang dapat mempercepat transisi dari laminar boundary layer menjadi turbulent boundary layer. Vortex generator berbentuk seperti sebuah sirip kecil yang dipasang secara vertical pada permukaan suatu benda [6] untuk memodifikasi aliran udara dan menunda terjadinya pemisahan aliran (*flow separation*) [7] [8] [9] [10].

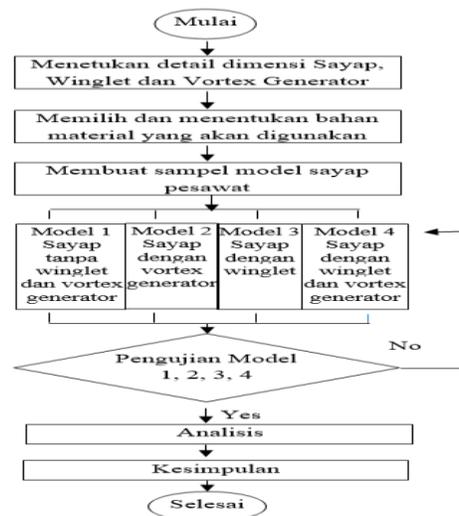
Penelitian ini menggunakan metode experiment yaitu menggunakan alat Digital Subsonic Wind Tunnel [11] [12] untuk menganalisis karakteristik aerodinamika dari 4 jenis model sayap yang dimensinya mengacu pada dimensi sayap pesawat UAV yang di buat dalam skala tertentu. Karakteristik aerodinamika tersebut di antaranya menganalisis gaya angkat (lift), gaya hambat (drag), koefisien lift (CL), koefisien drag (CD), Lift to Drag Ratio terhadap sudut serang ( $\alpha$ ). Penelitian ini sangatlah penting bagi Taruna Akademi Angkatan Udara maupun masyarakat luas untuk menambah pengetahuan mengenai studi aerodinamika tentang winglet dan vortex generator pada sayap pesawat terbang.

## 2. METODOLOGI

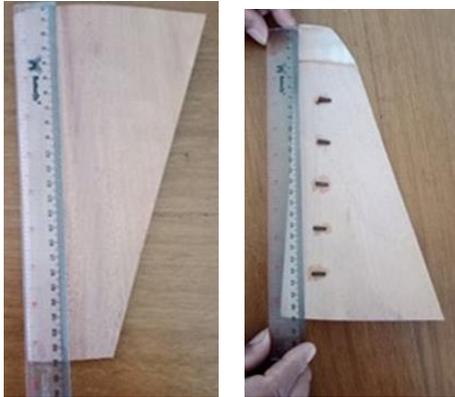
Analisis Parabolic Vortex Generator Dan Winglet pada Sayap Menggunakan Digital Subsonic Windtunnel dilaksanakan di Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara Yogyakarta. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Sayap tanpa winglet dan vortex generator, Sayap menggunakan vortex generator, Sayap menggunakan winglet, Sayap menggunakan winglet dan vortex generator. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik aerodinamika pada sayap pesawat Airfoil LRN 1015 seperti Lift, Drag, Koefisien Lift dan Koefisien Drag.



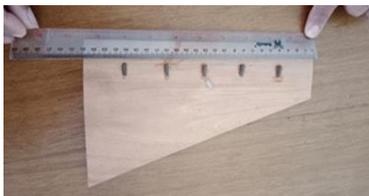
Gambar 1 Subsonic Windtunnel Digital



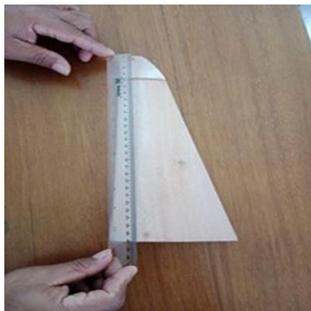
Gambar 2 Flowchart Penelitian



Gambar 3 Model 1 dan 2 , tanpa dan dengan Winglet & Vortex Generator



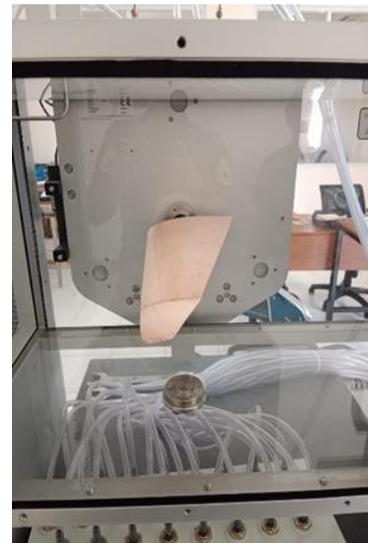
Gambar 4 Model 3, menggunakan Vortex Generator



Gambar 5 Model 4, menggunakan Winglet

Dalam pengujian kali ini, masing-masing dari model sayap diuji dengan menggunakan kecepatan aliran udara yang berbeda-beda, dimulai dari kecepatan aliran udara 12 m/s, 14 m/s, dan 16 m/s. Pada tiap-tiap bahan sayap yang di ujikan akan diberikan sudut serang yang ber beda-beda, yang di awali dengan sudut 0°. Data kecepatan serta suhu ruangan yang diberikan akan dapatkan besarnya lift dan drag yang berbeda-beda. Dalam proses pengujian yang dilakukan menggu nakan terowongan angin Digital Subsonic Wind Tunnel. Berikut dibawah ini langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian spesimen model sayap pesawat yang

dilakukan menggunakan digital subsonic wind tunnel. Sambungkan kabel power ke sumber listrik. Nyalakan switch On/Off pada masing-masing AFA. Nyalakan switch power pada AFA 5 tunggu minimal 15 menit untuk warming up alat. Nyalakan laptop yang terhubung dengan alat digital subsonic wind tunnel. Pasang benda uji pada work section dan pastikan sudut Angle of Attack pada posisi 0 derajat. Kencangkan pengatur sudut *Angle of Attack*. Setelah semua siap tekan tombol start pada AFA 5. Angka Digital untuk Lift dan Drag pada instrument indicator harus pada posisi zero sebelum mengatur kecepatan. Buka VDAS software untuk input data dan mengetahui hasil pengamatan model uji. Isi kelengkapan data airfoil yaitu atmosfer Temperature, Pressure, Airfoil Span, dan Airfoil Chordline. Klik tombol play untuk memulai pencatatan pengujian. Atur kecepatan angin dan sudut Angle of Attack sesuai dengan yang diinginkan untuk mendapatkan nilai Lift, Drag, Coeffecient Lift, Coeffecient Drag dan Lift Drag Ratio. Setelah hasil didapatkan kita dapat menyimpan data hasil pengujian dengan mengklik tombol save. Ulangi langkah tersebut dengan sudut 0°, 3°,6°,9°.



Gambar 6 Pemasangan Spesimen



Gambar 7 Menentukan sudut serang



Gambar 8 Mengatur kecepatan aliran udara

### 3. HASIL PENELITIAN

Hasil pengujian 4 variasi sayap (tanpa vortex dan winglet), (tanpa vortex menggunakan winglet), (menggunakan vortex tanpa winglet) dan (menggunakan vortex dan winglet) ditampilkan pada tabel 1 sampai dengan tabel 12. Pada masing-masing tabel diperoleh nilai Lift, Drag, Coefficient Lift, Coefficient Drag dan Lift to Drag Ratio pada variasi Angle of Attack (AoA) dan Velocity (V).

Tabel 1 Tanpa Vortex dan Winglet, V=12 m/s

AoA	V = 12 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,03	0,01	0,02	0,01	2,00
3	0,05	0,02	0,03	0,01	3,00
6	0,09	0,05	0,05	0,03	1,67
9	0,13	0,06	0,07	0,03	2,33

Tabel 2 Tanpa Vortex dan Winglet, V=14 m/s

V = 14 m/s					

AoA	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,04	0,03	0,01	0,01	1,00
3	0,07	0,03	0,03	0,01	3,00
6	0,14	0,04	0,05	0,02	2,50
9	0,15	0,05	0,06	0,02	3,00

Tabel 3 Tanpa Vortex dan Winglet, V=16 m/s

AoA	V = 16 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,04	0,01	0,01	0,01	1,00
3	0,09	0,02	0,03	0,01	3,00
6	0,15	0,07	0,04	0,02	2,00
9	0,20	0,11	0,06	0,03	2,00

Tabel 4 Tanpa Vortex dan menggunakan Winglet

AoA	V = 12 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,06	0,01	0,03	0,01	3,00
3	0,07	0,02	0,04	0,01	4,00
6	0,12	0,03	0,06	0,02	3,00
9	0,15	0,04	0,08	0,03	2,67

Tabel 5 Tanpa Vortex dan menggunakan Winglet

AoA	V = 14 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,05	0,01	0,02	0,01	2,00
3	0,12	0,03	0,04	0,01	4,00
6	0,18	0,04	0,07	0,02	3,50
9	0,19	0,05	0,07	0,03	2,33

Tabel 6 Tanpa Vortex dan menggunakan Winglet

AoA	V = 16 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,04	0,02	0,01	0,01	1,00

3	0,07	0,03	0,02	0,01	2,00
6	0,18	0,07	0,05	0,02	2,50
9	0,24	0,08	0,07	0,03	2,33

Tabel 7 Menggunakan Vortex dan tanpa Winglet  
V=12m/s

AoA	V = 12 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,04	0,01	0,02	0,01	2,00
3	0,07	0,02	0,04	0,01	4,00
6	0,09	0,03	0,05	0,02	2,50
9	0,17	0,04	0,09	0,02	4,50

Tabel 8 Menggunakan Vortex dan tanpa Winglet,  
V=14m/s

AoA	V = 14 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,05	0,05	0,02	0,02	1,00
3	0,10	0,07	0,04	0,03	1,33
6	0,15	0,07	0,06	0,03	2,00
9	0,21	0,09	0,08	0,03	2,67

Tabel 9 Menggunakan Vortex dan tanpa Winglet  
V=16m/s

AoA	V = 16 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,10	0,06	0,03	0,02	1,50
3	0,14	0,07	0,04	0,02	2,00
6	0,21	0,08	0,06	0,02	3,00
9	0,23	0,10	0,07	0,03	2,33

Tabel 10 Menggunakan Vortex dan Winglet  
V=12m/s

AoA	V = 12 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,02	0,02	0,01	0,01	1,00
3	0,05	0,03	0,03	0,02	1,50
6	0,10	0,04	0,05	0,02	2,50
9	0,14	0,05	0,07	0,03	2,33

Tabel 11 Menggunakan Vortex dan Winglet  
V=14m/s

AoA	V = 14 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,05	0,05	0,02	0,02	1,00
3	0,09	0,06	0,03	0,02	1,50
6	0,16	0,07	0,06	0,03	2,00
9	0,18	0,08	0,07	0,03	2,33

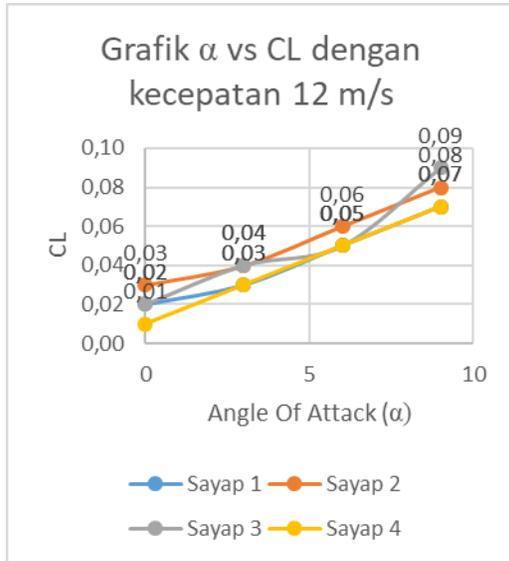
0	0,05	0,05	0,02	0,02	1,00
3	0,09	0,06	0,03	0,02	1,50
6	0,16	0,07	0,06	0,03	2,00
9	0,18	0,08	0,07	0,03	2,33

Tabel 12 Menggunakan Vortex dan Winglet  
V=16m/s

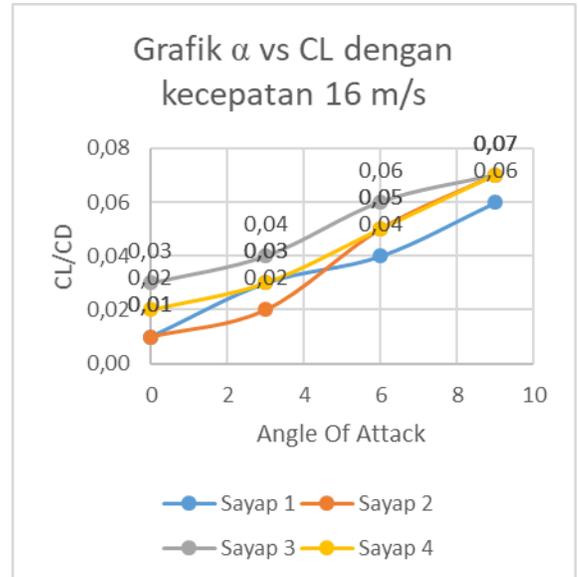
AoA	V = 16 m/s				
	Lift	Drag	C <sub>L</sub>	C <sub>D</sub>	C <sub>L</sub> / C <sub>D</sub>
0	0,06	0,05	0,02	0,01	2,00
3	0,10	0,06	0,03	0,02	1,50
6	0,18	0,08	0,05	0,02	2,50
9	0,25	0,09	0,07	0,03	2,33

#### 4. DISKUSI PENELITIAN

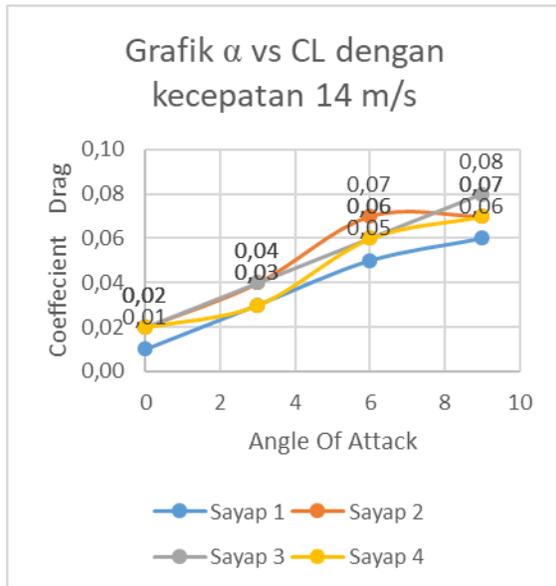
Analisis dari data pengujian yang sudah ditunjukkan pada tabel-tabel sebelumnya, kemudian dibuatkan sebuah grafik (gambar 9 sampai dengan 17) untuk membandingkan karakteristik aerodinamika 4 variasi sayap. Grafik pada gambar 9 sampai dengan 11 merupakan visualisasi data Coefficient Lift versus Angle of Attack pada 3 variasi kecepatan (12 m/s, 14 m/s, 16 m/s). Diperoleh nilai rata-rata *Coefficient Lift* pada ketiga variasi kecepatan, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki *Coefficient Lift* terbaik.



Gambar 9 Grafik α vs CL dengan kecepatan 12 m/s



Gambar 11 Grafik α vs CL dengan kecepatan 16 m/s

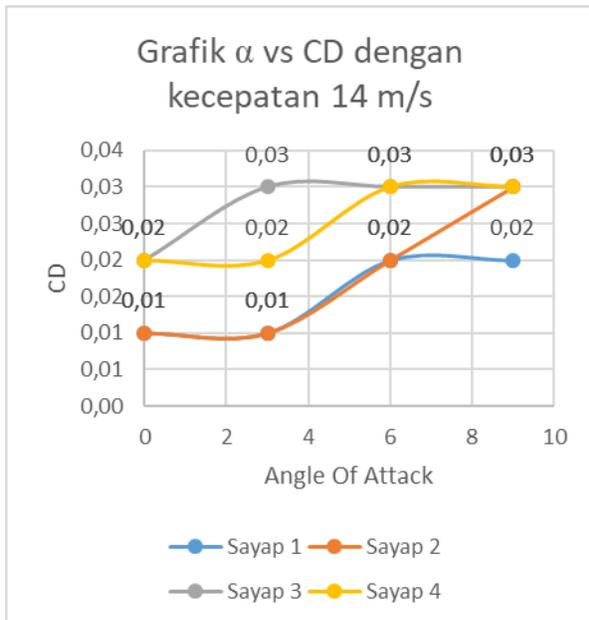


Gambar 10 Grafik α vs CL dengan kecepatan 14 m/s

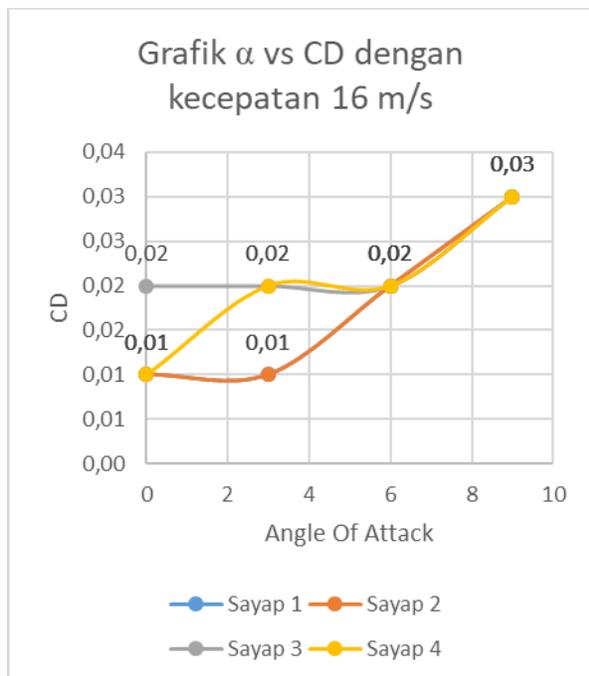
Grafik pada gambar 12 sampai dengan 14 merupakan visualisasi data Coefficient Drag versus Angle of Attack pada 3 variasi kecepatan (12 m/s, 14 m/s, 16 m/s). Diperoleh nilai rata-rata Coefficient Drag pada ketiga variasi kecepatan tersebut, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki Coefficient Drag terkecil dan sayap yang menggunakan vortex dan winglet menghasilkan Coefficient Drag terbesar.



Gambar 12 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 12 m/s



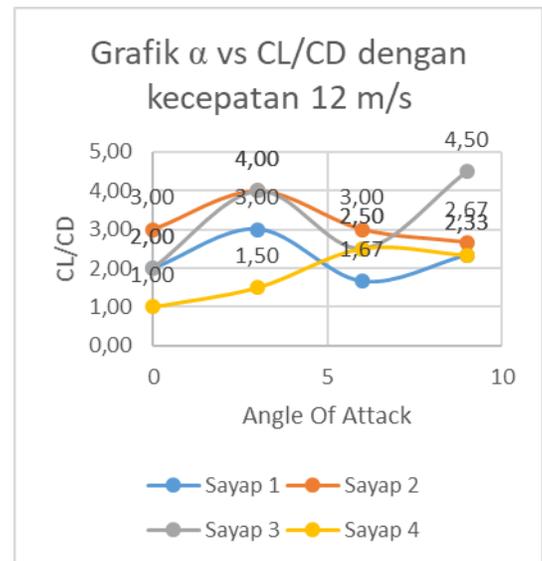
Gambar 13 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 14 m/s



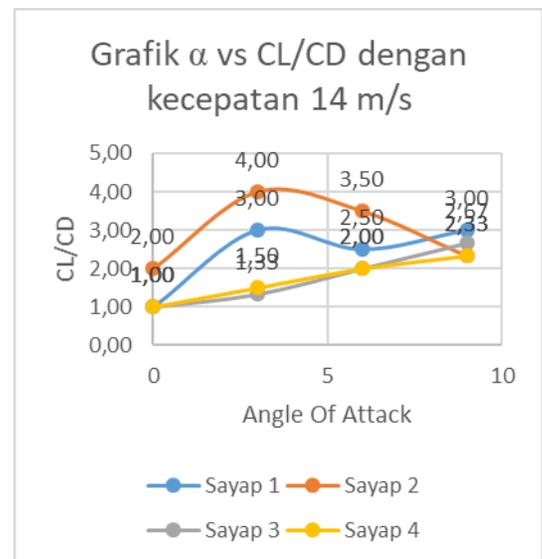
Gambar 14 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 16 m/s

Grafik pada gambar 15 sampai dengan 17 merupakan visualisasi data Lift to Drag

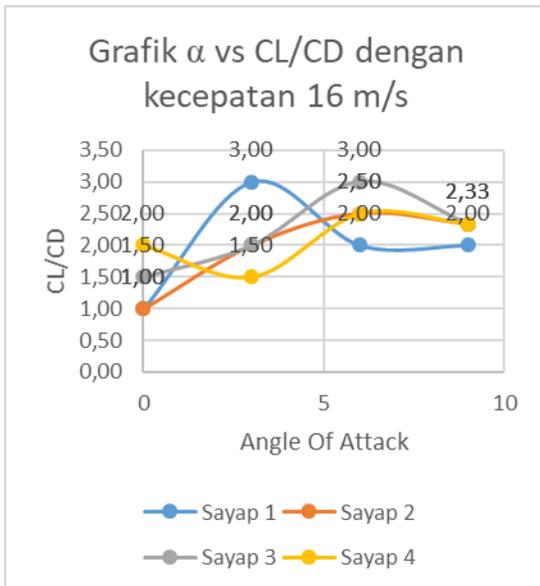
Ratio versus Angle of Attack pada 3 variasi kecepatan (12 m/s, 14 m/s, 16 m/s). Diperoleh nilai rata-rata Lift to Drag Ratio pada ketiga variasi kecepatan tersebut, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortex generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki Lift to Drag Ratio terbesar (terbaik) dan sayap yang menggunakan vortex dan winglet menghasilkan Lift to Drag terkecil..



Gambar 15 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 12 m/s



Gambar 16 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 14 m/s



Gambar 17 Grafik  $\alpha$  vs CL dengan kecepatan 16 m/s

## 5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Penelitian ini menghasilkan suatu kesimpulan bahwa nilai *Coefficient Lift* pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa:

- Sayap tanpa vortec generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki *Coefficient Lift* terbaik.
- Sedangkan nilai *Coefficient Drag* pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortec generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki *Coefficient Drag* terkecil dan sayap yang menggunakan vortec dan winglet menghasilkan *Coefficient Drag* terbesar.
- Kemudian nilai *Lift to Drag Ratio* pada keempat variasi sayap, menunjukkan bahwa sayap tanpa vortec generator dan menggunakan winglet adalah sayap yang memiliki *Lift to Drag Ratio* terbesar dan sayap yang menggunakan vortec dan winglet menghasilkan *Lift to Drag Ratio* terkecil pada sudut serang  $3^{\circ}$ .

## 6. REFERENCES

- [1] Suroso, Indeswari, 'Peran Drone/Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Buatan STTKD dalam Dunia Penerbangan', Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan, hal.104-112. 2016
- [2] Muhammad Abdul Ghofur, Nur Priyanto Poupon, Daffa Reyhans Fernando, Desain dan Analisis Winglet pada Sayap Taper Pesawat UAV MALE menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics, Patriot Biru, Vol1 No1, 2022 hal 82-97.
- [3] Anderson John. Fundamentals of Aerodynamics. Cetakan Kelima. 2007
- [4] Shamil PC, Mohammed Sanjid, Performance Analysis Of Winglet Using CFD, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 05 Issue: 04 | Apr-2018.
- [5] Giri Yudho1, Bariq Nasution, Y. H. Yogaswara, Analisis Karakteristik Aerodinamika pada sayap pesawat UAV dengan penambahan winglet, Patriot Biru, Vol 1 No 1 pages 1-14, 2022.
- [6] Al Karim, A. 'Analisa Numerik Profil Aliran Udara pada Vortex Generator', Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. 2019
- [7] Ulul Azmi, Herman Sasongko, Studi Eksperimen dan Numerik Pengaruh Penambahan Vortex Generator pada Airfoil NASA LS-0417. Publikasi Online ITS, ISSN 2337-3539 Vol 6, No 1 (2017).
- [8] Robbi Hamdika, Analisis Pengaruh Penambahan Vortex Generator Terha

- dap Karakteristik Aerodinamika Sayap Ptta Elang Laut Pt. Carita Boat Indonesia. Fakultas Teknik, Universitas Nur tanio Bandung, n.d.
- [9] Xinkai Li , Ke Yang, Xiaodong Wang, *Experimental and Numerical Analysis of the Effect of Vortex Generator Height on Vortex Characteristics and Airfoil Aerodynamic Performance*, n.d.
- [10] Setyo Hariyadi S.P, Wawan Aries Widodo, Efek Penggunaan Vortex Generator Terhadap Karakteristik Aliran pada Airfoil NACA 43018, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2018.
- [11] AF100 *Digital Subsonic Wind Tunnel User Guide, Tecquipment* 2016.
- [12] AF104 150 mm Chord NACA0012 *Aerofoils User Guide, Tecquipment* 2016.
- [13] Hariyadi, S., Junipitoyo, B., Suryono, W., Supriadi, S., Studi Numerik Dan Eksperimental Perbandingan Bentuk *Vortex Generator* Dengan Posisi *Straight* pada Wing Airfoil NACA 43018., 2020.
- [14] Lishu Hao, Bao Hu, Yongwei Gao and Binbin Wei, Effect of vortex generator spanwise height distribution pattern on aerodynamic characteristics of a straight wing, *Advances in Aerodynamics*, Vol 5 No1 2023 pages 1 sd 15.  
<https://doi.org/10.1186/s42774-023-00137-1>
- [15] n.a., Effect of Vortex Generator on the Flow Field over a Conventional Delta Wing in Subsonic Flow Condition at Higher Angles of Attack, *FME Transactions*, Vol 49, no 2, 2021 pages 395-400.doi: 10.5937/fme2102395P
- [16] Hasan, A Q, *Aerodynamics analysis on wings with winglets and vortex generators*, Vol 15 2020 pages 193-201, n.d.
- [17] M O L Hansen and K Rogowski, *Investigation of a delta wing Vortex Generator*, IOP Publishing, doi:10.1088/1742-6596/2265/3/032037, 2022
- [18] <http://www.ilmuterbang.com/artikel-main-menu-29/teknologi-penerbangan-mainmenu-50/748-stall-dari-perspektif-aerodinamika>.