

# ANALISIS AERODINAMIKA PENAMBAHAN WINGLET PADA SAYAP PESAWAT LSU-02 NGLD DENGAN VARIASI CANTED ANGLE

<sup>1</sup>Syafrina Sekar Kusumaningrum, <sup>2</sup>Gaguk Marausna, <sup>3</sup>Farid Jayadi, <sup>4</sup>Arifin Rasyadi Soemaryanto

<sup>1,2,3</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Dirgantara, <sup>4</sup>Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional

## Abstrak

Dalam perkembangannya, UAV disebut-sebut sebagai masa depan dunia dirgantara, dengan begitu banyak perusahaan berlomba-lomba mengembangkan model UAV yang sudah ada untuk digunakan baik untuk komersial, maupun bukan. Salah satunya UAV buatan LAPAN yang digunakan untuk misi surveillance. Winglet yang digunakan untuk mengurangi drag dan vortex yang terjadi diharapkan dapat mampu membantu UAV LSU-02 NGLD untuk mengurangi drag yang terjadi. Dengan bantuan software XFLR5, akan terlihat perubahan drag yang terjadi di wingtip sayap setelah maupun sebelum ditambahkan winglet beserta sudut tekuknya. Penelitian ini akan memperlihatkan hasil perbandingan CL dengan sudut serang, CD dengan sudut serang dan rasio efisiensi aerodinamika yang terjadi antara wing tanpa wingle, dan dengan winglet beserta sudut tekuknya. Winglet canted digunakan dalam penelitian ini dengan variasi 30°, 45°, 70°, dan 90° dengan kecepatan cruise rata-rata pesawat, yakni 25 m/s. Pada penelitian ini didapat hasil bahwa penambahan winglet dapat mengurangi vortex, berkurangnya CD setelah penambahan winglet, maka nilai efisiensi aerodinamika meningkat 0,14% setelah penambahan winglet.

**Kata Kunci:** LSU-02 NGLD, Winglet, Koefisien Gaya Angkat, Koefisien Gaya Hambat, Rasio Lift/Drag, Vortex

## Abstract

In its development, UAVs are touted as the future of the aerospace world, with so many companies competing to develop existing UAV models for commercial or non-commercial use. One of them is a UAV made by LAPAN which is used for surveillance missions. The winglet that is used to reduce the drag and vortex that occurs is expected to be able to help the UAV LSU-02 NGLD to reduce the drag that occurs. With the help of XFLR5 software, you will see the changes in drag that occur in the wingtips after or before adding the winglets and their bending angle. This study will show the results of the comparison of CL with the angle of attack, CD with the angle of attack and the ratio of aerodynamic efficiency that occurs between the wing without wingle, and with the winglet and its bending angle. Canted winglets are used in this study with variations of 30°, 45°, 70°, and 90° with the aircraft's average cruise speed of 25 m/s. In this study, it was found that the addition of winglets can reduce vortex, decrease CD after addition of winglets, then the value of aerodynamic efficiency increases by 0.14% after addition of winglets.

**Keywords:** LSU-02 NGLD, Winglet, Lift Coefficient, Drg Coefficient, Lift to Drag Coefficient, Vortex

## Pendahuluan

Pusaran atau *vortex* sering kali menjadi masalah dalam beberapa kasus yang berkaitan dengan fluida, salah satunya fluida gas. *Vortex* tercipta dari perpindahan fluida dari tekanan yang tinggi ke tekna yang lebih rendah, seperti kasus pada sayap pesawat, dimana fluida pada bagian bawah sayap yang memiliki tekanan bertekanan tinggi akan berpindah ke bagian atas penampang yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Hal ini terjadi di ujung sayap atau wingtip sayap, dimana aliran yang mengalir akan berubah menjadi tak beraturan karena *finite wing*. *Vortex* ini tidak dapat dihindari, karena sayap pesawat berbentuk *finite*, dan *vortex* merupakan resiko yang diambil untuk mendapatkan gaya angkat dibagian bawah penampang sayap. Namun begitu, *vortex* ini dapat diperkecil menggunakan sirip kecil diujung sayap atau biasa disebut *winglet* yang berfungsi memperkecil *wingtip* sayap agar mengurangi *vortex* yang dihasilkan. *Winglet* ini juga berfungsi mengurangi *drag* yang terjadi akibat terciptanya *vortex* tersebut.

*Vortex* akan menyebabkan drag yang nantinya akan mempengaruhi penggunaan bahan bakar yang berlebihan. Maka dari itu diharapkan dengan penggunaan *winglet* ini dapat mengurangi *vortex* yang

<sup>1</sup>Email Address : [syafrinakusumaningrum@gmail.com](mailto:syafrinakusumaningrum@gmail.com)

Received 10 September 2021, Available Online 30 Desember 2021

juga terjadi di pesawat UAV *Surveillance* milik LAPAN, yakni LSU-02 NGLD yang memiliki misi untuk memantau kapal penangkap ikan ilegal yang berada di atas perairan Indonesia. Seperti yang dilakukan Pinindriya *et al* (2021) pada penelitian terbarunya dengan menambahkan *winglet* pada pesawat N219 untuk mengurangi drag yang terjadi pada *float* yang dipasang di pesawat N219 Amphibi. Dalam penelitiannya, gaya angkat mampu meningkat sekitar 3,2% dan gaya hambat menurun sebesar 4,08%.

Ada beberapa jenis *winglet* yang dapat digunakan dalam sebuah pesawat, namun tidak semua *winglet* memberikan perlakuan yang sama kepada setiap pesawat yang menggunakannya. Maksoud (2014) menjelaskan bahwa perbedaan jarak terbang jelajah juga dapat menjadi faktor pemilihan *winglet*, seperti *raked wingtips* yang cocok digunakan untuk jangkauan terbang panjang, sedangkan *wingtip fence* cocok untuk jangkauan terbang menengah, dan *spiroid winglet* lebih cocok dibandingkan *blended winglet* untuk jarak terbang jelajah yang pendek. Namun tentunya hasil ini akan berbeda apabila diaplikasikan ke pesawat lainnya. Dalam penelitian Winarko *et al* (2016) juga disebutkan bahwa bentuk *winglet* yang agak bulat (*rounded shape*) mampu meningkatkan koefisien gaya angkat yang terjadi.

Dengan desain pesawat yang bisa dibilang sederhana, pesawat ini kiranya telah melalui beberapa tahapan modifikasi sedemikian rupa guna memberikan performa aerodinamika yang terbaik, salah satunya dengan memodifikasi *empenage*, atau *tail section*. Dalam penelitian Soemaryanto dan Hadiana (2018), ekor yang dimiliki pesawat ini ada dua konfigurasi *vertical tail*, yakni *inverted-V* dan *convensional twin tail* atau U. Desain ini dipilih karena desainnya yang sederhana dan kestabilan aerodinamika yang cukup baik.

### Metode Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan sayap pesawat LSU-02 NGLD karena geometri dari sayap itu yang memiliki *chord wingtip* yang lebih kecil dibandingkan *chord wingroot*-nya. Pesawat ini juga memiliki konfigurasi *airfoil* GOE 501.



Gambar 1 Pesawat LSU-02 NGLD

Tabel 1. Data Berat Pesawat LSU-02 NGLD

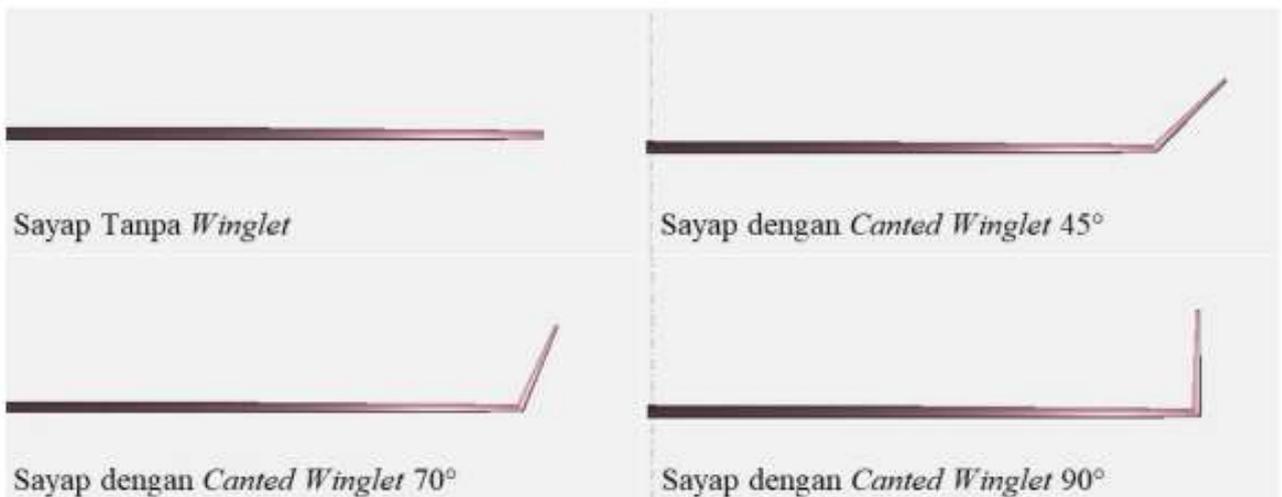
Parameter	Satuan
MTOW	30 kg
Empty Weight	14,5 kg
Payload Capacity	2 kg
Fuel Capacity	3,5 kg
Max Payload	5,5 kg

Penelitian ini hanya terbatas pada analisis aerodinamika pada sayap pesawatnya saja, terlepas dari *fuselage* maupun *tail* pesawat. Dengan menggunakan perangkat lunak XFLR5, desain ini juga akan ditambahkan *winglet* jenis *canted winglet* dengan variasi sudut tekuk, antara lain 45, 70, dan 90°.

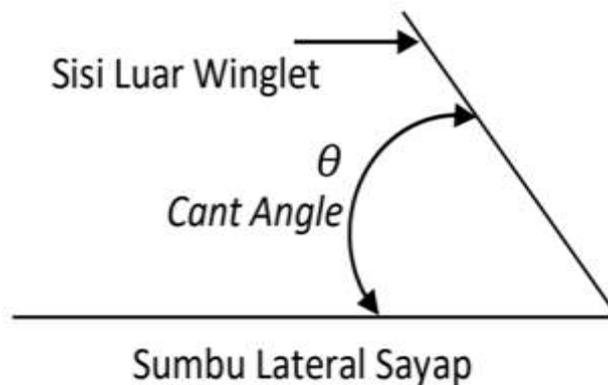
Dalam penelitian Hidayat *et al* (2020) disebutkan bahwa dengan menggunakan variasi *span* untuk *winglet*, yakni 5% hingga 10% dari *span* sayap. Variasi yang digunakan diadaptasi dari penelitian sebelumnya yang menghasilkan nilai  $C_L/C_D$  tertinggi pada modifikasi *winglet* dengan sudut tekuk  $30^\circ$  dalam variasi  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  dan  $90^\circ$ .

**Tabel 2. Geometri Sayap Pesawat LSU-02 NGLD**

<i>Airfoil</i>	GOE 501
<i>Wing Span</i>	3200 mm
<i>Root Chord</i>	270 mm
<i>Tip Chord</i>	190 mm
<i>Taper Ratio</i>	0.70
<i>AR (Aspect Ratio)</i>	3



**Gambar 2. Geometri Sayap dengan dan Tanpa Winglet**



**Gambar 3. Sudut Tekuk Winglet**

Dalam penelitian ini, selain menggunakan variasi sudut tekuk *winglet*, akan digunakan juga variasi *span winglet* untuk mengetahui *span canted winglet* yang cocok untuk diaplikasikan. Hal ini dilakukan sebelum memberikan variasi sudut *winglet*. Variasi *span* yang akan digunakan antara lain, 5% hingga 10% dari *span wing* LSU-02 NGLD itu sendiri. Variasi ini didapat dari rujukan pembimbing lapangan saat magang yang menunjukkan *span winglet* yang akan diteliti.

**Tabel 3. Variasi *Span Winglet* yang Akan Digunakan**

<i>Span Wing</i> (mm)	<i>Span Winglet</i> (mm)	Rasio <i>Span Winglet</i>
3200	160	5%
	192	6%
	224	7%
	256	8%
	288	9%
	320	10%

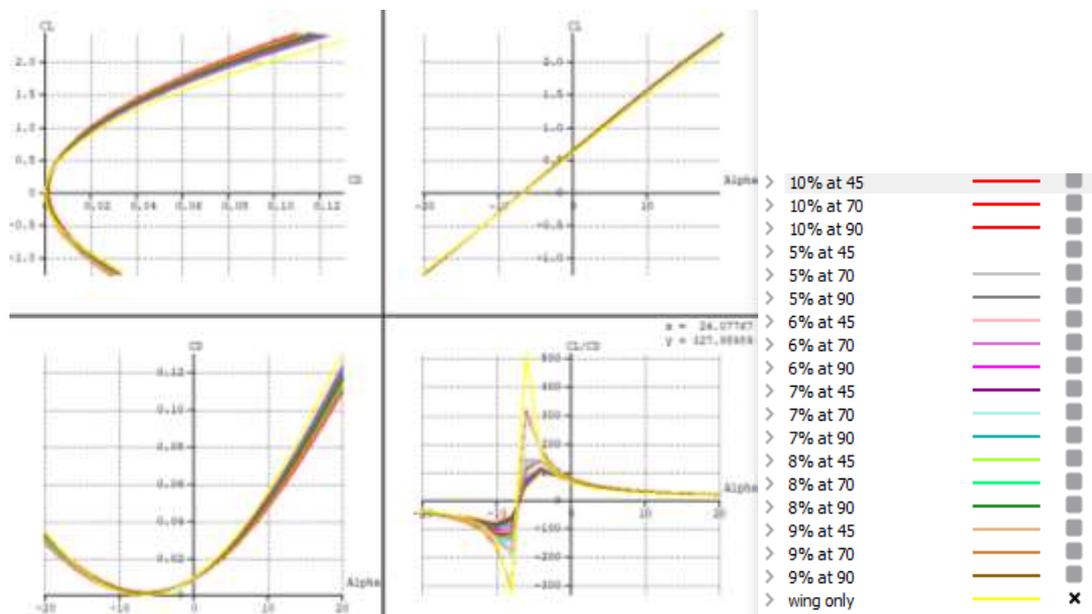
Prosedur simulasi dimulai dengan mendefinisikan *airfoil* yang akan digunakan, yakni GOE 501 pada *XFOil Direct Analysis*. Pemilihan *airfoil* ini berdasarkan pada penelitian Herdiana dan Soemaryanto (2018) dalam pemilihan *airfoil* untuk pesawat LSU-02 NGLD, yang mana mendapatkan hasil bahwa *airfoil* GOE501 memenuhi kebutuhan profil untuk sayap pesawat tersebut dari nilai  $C_{l0}$  dan  $C_{d0}$

Setelah dilakukan pengujian untuk *airfoil*, dilanjutkan dengan pemodelan sayap pesawat LSU-02 NGLD pada *Wing and Plane Design* dengan data dari Tabel 3, dan ditambahkan variasi *span winglet* per sudut tekuk untuk mengetahui *span* terbaik dari data Tabel 3, lalu setelahnya dapat dilanjutkan dengan pemodelan sudut tekuk dengan ukuran *span winglet* terbaik.

Untuk pemodelan aliran, akan digunakan dua tipe analisis, yakni *Type 1 (fixed speed)*, dan *Type 5 (beta range)* untuk mengetahui *moment roll* terhadap sudut *sideslip*. Lalu dapat divariasikan sudut *alpha* yakni -20 hingga 20 dan sudut *beta* antara -10 hingga 10.

### Hasil dan Pembahasan

Dari hasil simulasi untuk perbedaan *span winglet*, didapatkan hasil berupa rasio  $C_L/C_D$  pada sudut serang 0 yang menunjukkan bahwa semakin besar *span winglet* yang digunakan, semakin besar juga nilai rasio  $C_L/C_D$ . Diketahui juga dengan semakin besarnya sudut tekuk yang diciptakan oleh *winglet*, maka semakin kecil rasio  $C_L/C_D$  yang dihasilkan.

**Gambar 4 Grafik Perbandingan *Span Winglet***

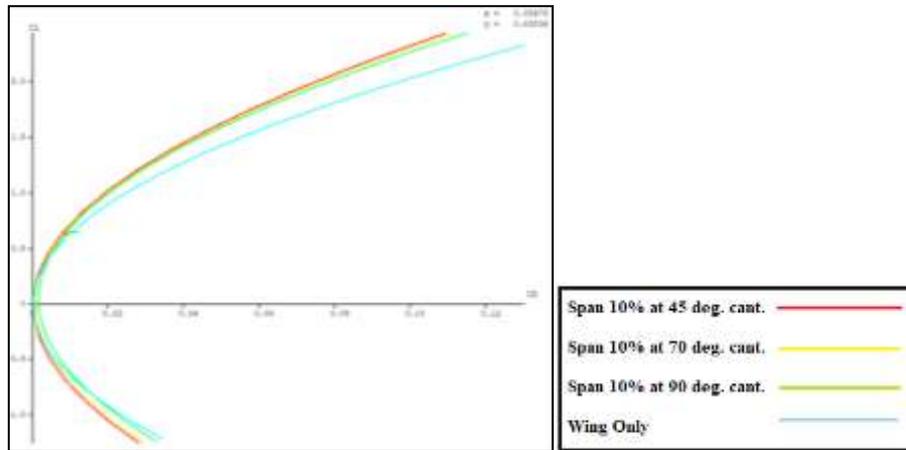
**Tabel 4. Hasil Perbandingan *Span Winglet* pada AOA 0**

<i>Rasio Span Winglet</i>	Sudut (°)	CL/CD
5%	45	72,005
	70	69,315
	90	66,289
6%	45	73,564
	70	70,568
	90	67,215
7%	45	75,137
	70	71,855
	90	68,208
8%	45	76,717
	70	73,161
	90	69,24
9%	45	78,297
	70	74,473
	90	70,291
10%	45	79,875
	70	75,787
	90	71,352

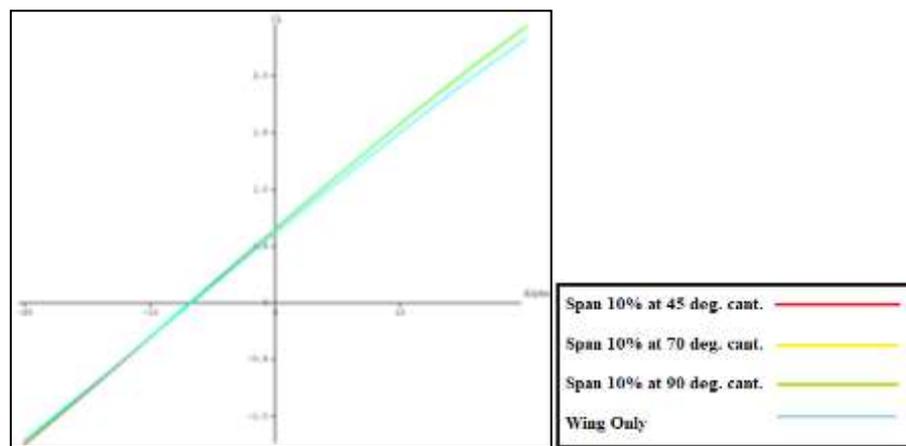
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa *span* terbaik dimiliki oleh *span* 10% dengan selisih nilai 0,015 dari *span* sebelumnya disetiap perbandingan sudut. Dengan begitu, penelitian ini akan dilakukan pada *span winglet* 10%. Berdasarkan tabel di atas juga dapat dilihat bahwa dengan penambahan sudut tekuk 45 ° menghasilkan rasio  $C_L/C_D$  yang terbesar diantara sudut lainnya. Berikut adalah hasil *vortex* yang terjadi pada sudut serang 0, dengan variasi pesawat tanpa *winglet* dan dengan variasi *span* pada sudut tekuk 45°.

**Gambar 5 Visualisasi Aliran**

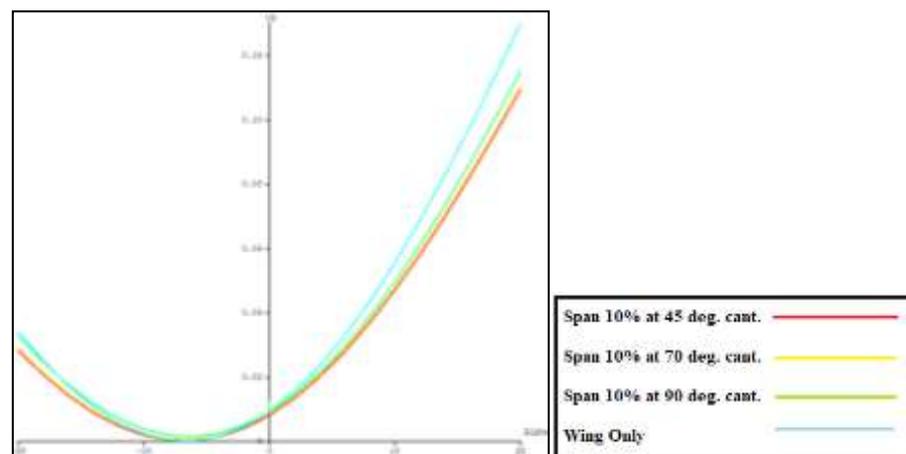
Terlihat bahwa semakin besar *span* yang digunakan, semakin kecil *vortex* yang dihasilkan di *wingtip* sayap. Terlihat perbedaan dari gambar visualisasi aliran sayap pesawat dengan *winglet* dan yang tanpa *winglet*, dimana *vortex* yang seharusnya terjadi di *wingtip* sayap, berubah menjadi di *tip winglet* dan ukurannya berkurang. Berikut adalah data grafik aerodinamika sayap dengan *span winglet* 10% variasi sudut tekuk.



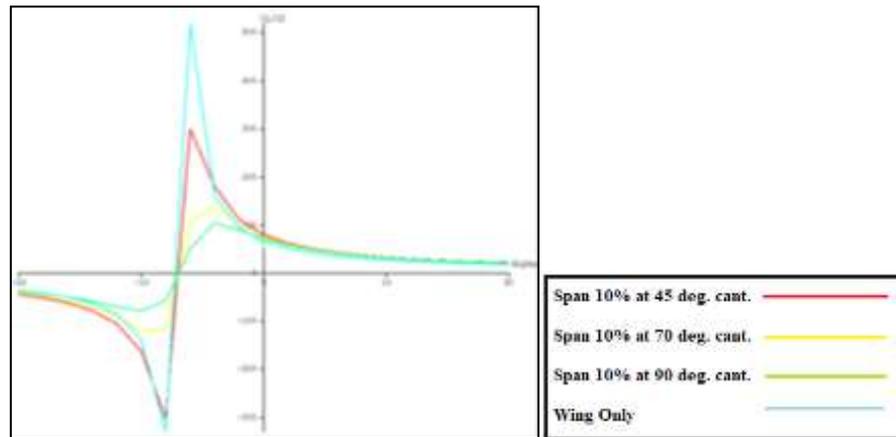
Gambar 6 Grafik CL terhadap Cd



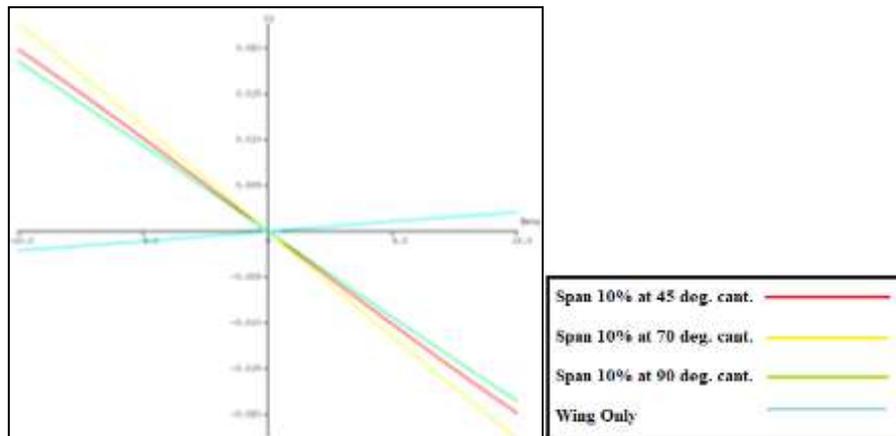
Gambar 7 Grafik CL terhadap AoA



Gambar 8 Grafik Cd terhadap AoA



Gambar 9 Grafik  $C_L/C_D$  terhadap AoA



Gambar 10 Grafik *Moment Roll* terhadap  $\beta$

Dapat dilihat dari grafik  $C_L$  terhadap  $C_D$ , sudut  $45^\circ$  memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai lainnya pada sudut serang  $0^\circ$ , dimana nilai ini merupakan hasil perbandingan nilai  $C_L$  yang besar dan  $C_D$  rendah. Walaupun begitu, nilai  $C_L$  terbesar dimiliki oleh sudut  $90^\circ$  pada AOA tinggi, namun memiliki nilai  $C_D$  yang tinggi juga. Dengan begitu prestasi terbang saat *cruise* pada sudut tekuk  $45^\circ$  lebih baik dibandingkan sudut lainnya. Dari grafik *moment roll* terhadap  $\beta$ , dapat dilihat bahwa pada sudut  $70^\circ$  memiliki garis yang lebih curam dibandingkan sudut lain, menandakan *bending moment* yang lebih besar dibandingkan sudut lainnya.

### Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian ini terbukti bahwa dengan penambahan *winglet* mampu mengurangi *drag* yang terjadi dan menambah gaya angkat yang dihasilkan sehingga rasio  $L/D$  suatu penampang *wing* pesawat dapat meningkat. Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai *span winglet*, semakin besar juga rasio  $C_L/C_D$  yang dihasilkan, dan semakin kecil *canted angle* yang digunakan, maka semakin baik pula aerodinamika yang dihasilkan pesawat tersebut. Terlihat pada grafik  $C_L/C_D$  dimana sudut 45 derajat memiliki nilai terbaik saat sudut serang 0, yakni 79,875. Dan terjadinya peningkatan nilai  $C_L/C_D$  sebesar 0,14 saat sudut 45 terhadap sayap tanpa *winglet*.

Dalam penelitian selanjutnya dapat digunakan variasi *downward facing winglet* dan variasi sudut tekuk yang lebih beragam lagi. Dapat pula melakukan variasi terhadap kecepatan aliran yang digunakan. Untuk hasil yang lebih baik, dapat dilakukan validasi data menggunakan *software* CFD lainnya, seperti ANSYS, maupun yang lain

**Daftar Pustaka**

- Hanif, I., Jatisukanto, G., Amroe, A., & Nafi, A. (2017). Pengaruh Sudut Tekuk (*Cant*) *Winglet* Menggunakan Airfoil NACA 2215 Pada Aerodinamika Sayap Pesawat. *Jurnal Rotor, Edisi Khusus*(3), 41–45.
- Herdiana, D., & S, A. R. (2018). Pemilihan Profil Sayap Pesawat LSU-02 NG LD Dengan Menggunakan Metode *Panel Choise Wing Profile Of LSU-02 NG LD Aircraft With Panel Methode*. di *Iptek Penerbangan Dan Antariksa : Progres Litbangyasa Roket, Satelit Dan Penerbangan 2018*.
- Hidayat, F. T., Rabeta, B., & Fransiscus, F. (2020). Analisis Pengaruh *Winglet* Pada Sayap Pesawat Cessna 172 Menggunakan Perangkat Lunak XFLR5. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 5(1), 50–56.
- Maksoud, T. M. . (2014). *Wingtips And Multiple Wing Tips Effects On Wing Performance : Hefat2014, July, 2224–2230*.
- P, S. H. S., Suryono, W., & Junipitoyo, B. (2017). Analisis Aerodinamika Pada *Wingtip Fence* Cessna 172 Di Laboratorium Teknik Pesawat Udara ATKP Surabaya. *Jurnal Teknologi Penerbangan*, 01(02), 1–9.
- Pinindriya, S. T., Fajar, M., Hakim, T. M. I., Hidayat, K., Rasyadi, A., & Tresnoningrum, D. (2018). *Karakteristik Aerodinamika Winglet 1 Pesawat N219 Amphibi*.
- Salsabila, S. Z., & Widodo, W. A. (2020). Studi Numerik Karakteristik Aliran Tiga Dimensi Pada Body Pesawat Tanpa Awak Jenis. *Jurnal Teknik Its*, 9(2), 102–107.
- Soemaryanto, A. R., & Herdiana, D. (2018). *Analisa Aerodinamika Pesawat Nirawak Konfigurasi Ekor Vertikal Inverted V Dan U Dengan Simulasi Cfd Aerodynamic Analysis Of Unmanned Aircraft Inverted V And U - Shapped Vertical Tail Configuration Using Cfd Simulation*. 74–81.
- Sormin, M. R., & Permatasari, R. (2020). Analisis *Spiroid Winglet* Pada Pesawat *Subsonic* Dengan Variasi Sudut Serang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 5(1), 1–7.
- Winarto, E.W. And Sakarinto, W. And Wibowo, S.B. And Elycia, L. (2016) *Airflow Numerical Analysis On Low Speed Unmanned Aerial Vehicle Winglet*. In: 6th International Symposium On Technology For Sustainability (Ists 2016), Yogyakarta.