

## STUDI EKSPERIMENTAL PERANGKAT UJUNG SAYAP PADA PESAWAT 19 PENUMPANG

Teuku M. Ichwanul H<sup>1</sup>, Sinung Tirtha P<sup>2</sup>, Ardanto M. P<sup>3</sup>, Dana Herdiana<sup>4</sup>, Agus Aribowo<sup>5</sup>

### Abstrak

Winglet dirancang untuk meningkatkan kinerja aerodinamis sayap. Desainnya dimaksudkan untuk meminimalkan *drag* yang dihasilkan oleh pusaran winglet. Alat ujung sayap sendiri memiliki berbagai macam tipe. Studi eksperimental dilakukan untuk melihat pengaruh penerapan winglet terhadap performa aerodinamis sayap. Empat jenis perangkat winglet diuji melalui pengujian terowongan angin untuk mengetahui desain optimal yang memberikan dampak yang lebih baik pada peningkatan aerodinamis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain nomor 3 memberikan pengaruh tertinggi terhadap peningkatan rasio gaya angkat terhadap gaya hambat sayap.

**Kata Kunci:** Winglet, Angle of attack, Wind tunnel test

### Abstract

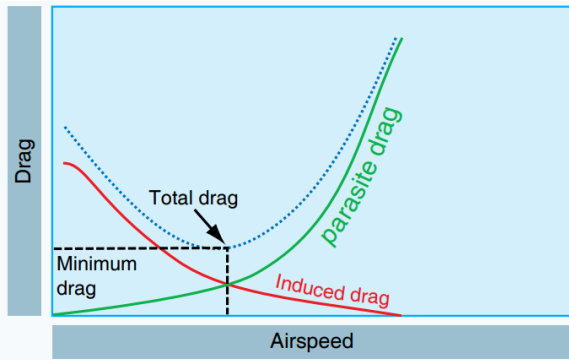
Winglet devices are design to improve aerodynamic performance of the wing. Its design is intended to minimized drag that produced by wing tip vortices. Wingtip device itself has various type. Experimental study was carried out to observe effect of winglet implementation to the aerodynamic performance of the wing. Four type of wingtip devices was tested by means of wind tunnel testing to find out the optimum design that provide better impact on aerodynamic improvement. The result shows that design number 3 provide highest effect on increasing lift to drag ratio of the wing.

**Keywords:** Winglet, Angle of Attack, Wind tunnel test

### PENDAHULUAN

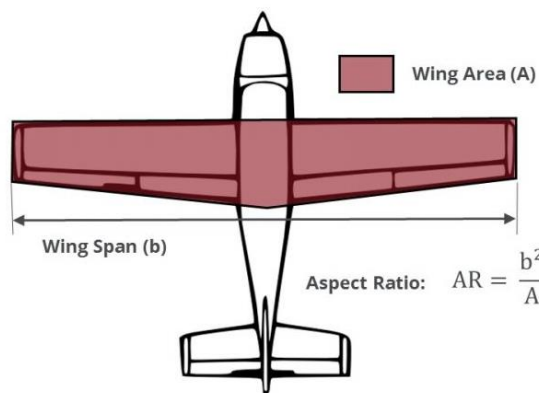
Sayap pesawat terbang dirancang untuk menghasilkan gaya angkat yang cukup sesuai kebutuhan perancangan. Gaya angkat yang dihasilkan oleh sayap diperoleh dari perbedaan tekanan udara yang terjadi di bagian bawah dan di bagian atas permukaan sayap. Tekanan yang terjadi pada permukaan bawah lebih besar daripada tekanan yang terjadi di atas permukaan sayap. Hal ini memicu aliran udara yang bertekanan tinggi dari bawah sayap bergerak ke arah udara bertekanan yang lebih rendah di bagian atas melalui ujung sayap. Pergerakan udara dari bawah menuju atas sayap, dikombinasikan dengan kecepatan terbang pesawat akan menghasilkan pusaran di ujung sayap yang

disebut sebagai wingtip vortices yang ukurannya semakin ke belakang akan semakin membesar. Wingtip vortices ini menimbulkan salah satu komponen utama gaya hambat pada pesawat yang dinamakan sebagai lift induced drag atau biasa disingkat sebagai induced drag. Pada Gambar 1 terlihat bahwa induced drag dominan pada kecepatan rendah, sedangkan pada kecepatan tinggi yang dominan adalah parasite drag.



Gambar 1. Grafik drag terhadap airspeed [1]

Cara klasik dalam mengurangi induced drag adalah memperpanjang span untuk menambah aspect ratio sayap. Namun demikian, penambahan aspect ratio yang besar akan memunculkan masalah pada bagian struktur terutama mengenai fleksibilitas dan berat.



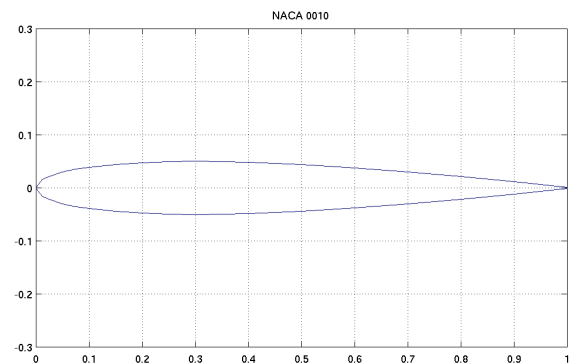
Gambar 2. Definisi aspect ratio pada rancangan sayap [2]

Banyak studi telah dilakukan untuk mengurangi induced drag pada pesawat selain menambah aspect ratio. Pada [3] direview beberapa penelitian yang telah dilakukan untuk mengurangi drag pada pesawat terbang, salah satunya adalah menggunakan winglet. Adapun studi mengenai wingtip device telah dimulai sejak tahun 1920an, [4] [5] [6] melakukan studi terhadap sayap yang diberi pelat datar diujungnya. Penggunaan winglet dapat mengurangi induced drag sekitar 20% dan meningkatkan efisiensi sayap sekitar 9 persen [7]. [8] mendapatkan rentang nilai antara 20% – 28% pengurangan drag melalui pengujian terowongan angin.

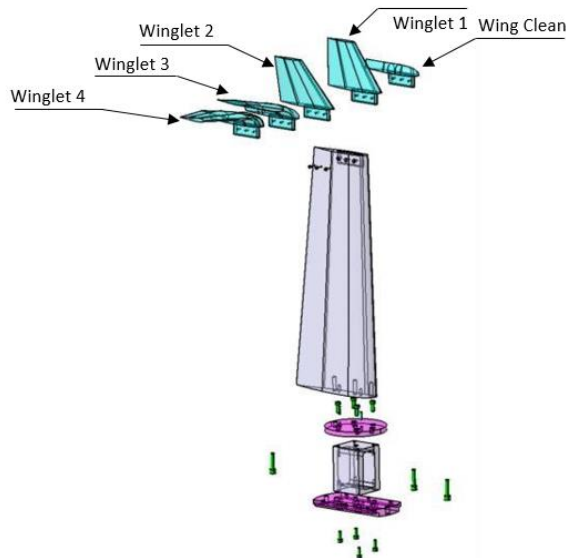
Onera telah melakukan studi terhadap beberapa jenis winglet dan mengujinya menggunakan pendekatan CFD. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan studi terhadap sayap pesawat berkapasitas 19 penumpang ini dengan dan tanpa winglet menggunakan pendekatan CFD [9]. Untuk memverifikasi hasil sebelumnya maka diperlukan pengujian menggunakan terowongan angin. Pada paper ini akan dibahas hasil studi eksperimental penggunaan wingtip devices pada sayap pesawat 19 penumpang yang diuji di terowongan angin NLST (National Low Speed Tunnel) yang berada di PTDI, Bandung, Jawa Barat.

### METODE

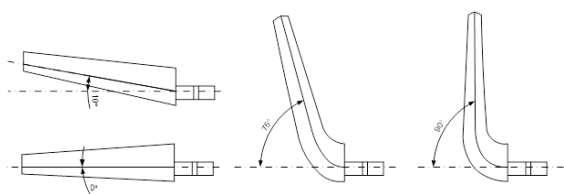
Studi eksperimen ini dilakukan dengan pengujian di terowongan angin. Airfoil yang digunakan pada keempat desain winglet yang diuji adalah NACA 0010. Geometri airfoil NACA 0010 ditunjukkan pada . Model yang digunakan adalah isolated half span wing model dan 4 buah winglet. Model terowongan angin sayap dan winglet ditunjukkan pada Gambar 3. Keempat buah winglet dibedakan berdasarkan can anglenya, definisi can angle yang digunakan pada model winglet ditunjukkan pada Gambar 4. Skala model yang digunakan dalam pengujian adalah 1:9, dengan panjang sayap 58% dari half span (b/2), definisi lihat Gambar 2.



Gambar 3. Profil airfoil NACA 0010 [10]



Gambar 4. Model uji sayap dengan beberapa tipe winglet



Gambar 5. Bentuk model winglet dengan variasi can angle

Tabel 1 Properti model uji

Type	Can Angle	S	A
Wing Clean	-	0,126	2,96
Winglet1	0°	0,138	3,72
Winglet2	10°	0,138	3,71
Winglet3	75°	0,127	3,12
Winglet4	90°	0,126	2,96

Tabel 2 Parameter pengujian adalah sebagai berikut:

Kecepatan angin maksimal	80	m/s
Kecepatan angin operasi	50	m/s
density	1.225	kg/m <sup>2</sup>
m.a.c.	0.206	m <sup>2</sup>
Luas sayap	0.124	m <sup>2</sup>
Max Luas sayap + winglet	0.152	m <sup>2</sup>
Max Model Weight	10	Kg
Max Lift	1072.5	N
Max Drag	357.5	N

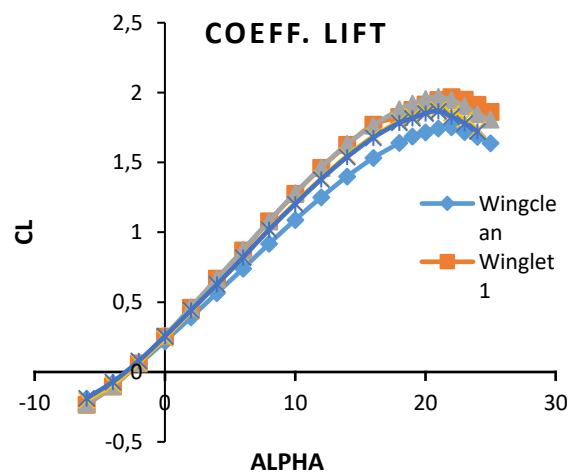
Beberapa koreksi yang digunakan dalam pengujian adalah, yaitu:

1. Blockage correction: Solid blockage and wake blockage

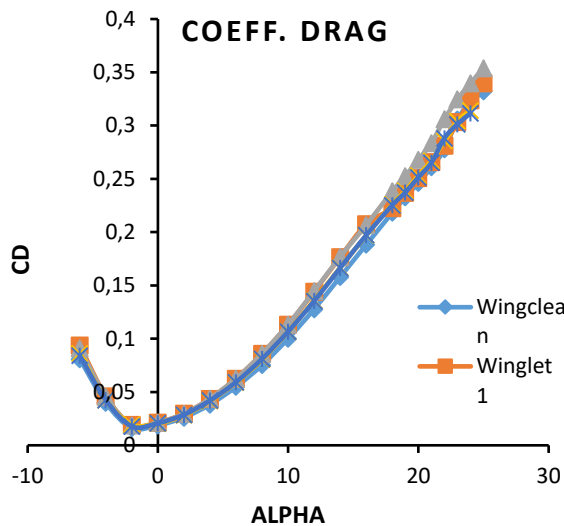
2. Slip stream wall correction
3. Treatment for narrowed wall correction (for case flat plate installation)
4. Isolated Model correction

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian di terowongan angin dari empat buah winglet dan 1 clean wing disajikan pada Gambar 6 hingga Gambar 11. Gambar 6 menunjukkan koefisien gaya angkat dari seluruh model uji. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan winglet memberikan peningkatan pada gaya angkat sayap. Nilai paling tinggi didapatkan pada winglet 2 dan winglet 1, yaitu 12.3% dan 12.5% pada  $C_l$  max. Sedangkan winglet 3 dan winglet 4 memberikan penambahan 7.3% dan 6.6%  $C_{lmax}$ . Untuk gradient gaya angkat, nilai yang diperoleh winglet 1 hingga winglet 4 berturut-turut adalah 15.7%, 17,5%, 10.3% dan 16.1%.

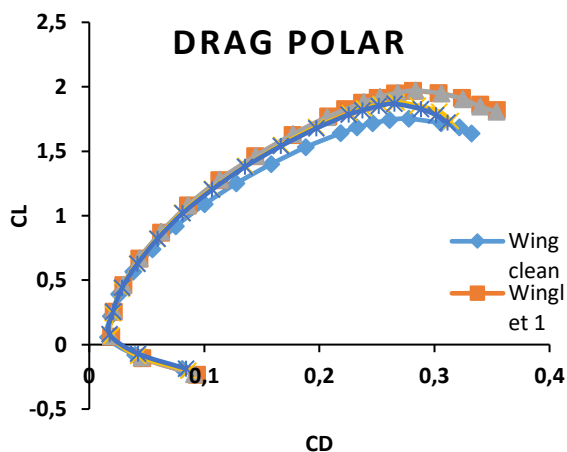


Gambar 6 Grafik koefisien gaya angkat terhadap variasi sudut serang

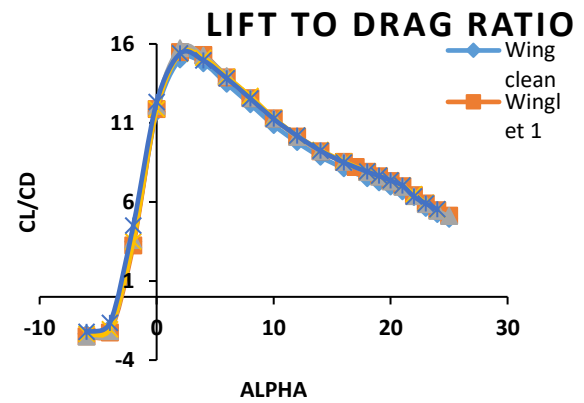


Gambar 7. Koefisien gaya hambat terhadap variasi sudut serang

Gambar 7 menunjukkan grafik koefisien gaya hambat dari seluruh model. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dari 4 buah model winglet yang diuji,  $C_{d0}$  yang paling rendah jika dibandingkan dengan clean wing diperoleh pada winglet nomor 3, yaitu sebesar 8.6%. Namun demikian, akibat adanya penambahan luasan winglet, terjadi penambahan drag ( $C_{d0}$ ) maksimum sebesar 14%. Pada Gambar 8 dapat dilihat grafik drag polar untuk tiap winglet. Terdapat kemiripan besaran drag untuk winglet 1 dengan winglet 2 dan winglet 3 dan winglet 4. Sedangkan dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa efisiensi sayap maksimum ( $[C_l/C_d]_{max}$ ) diperoleh dari winglet 2 dengan nilai sebesar 4.8%.

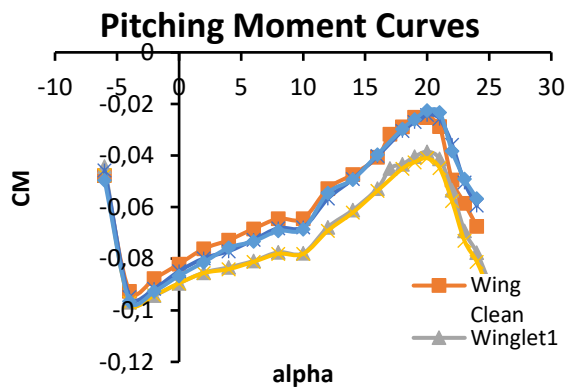


Gambar 8. Drag polar

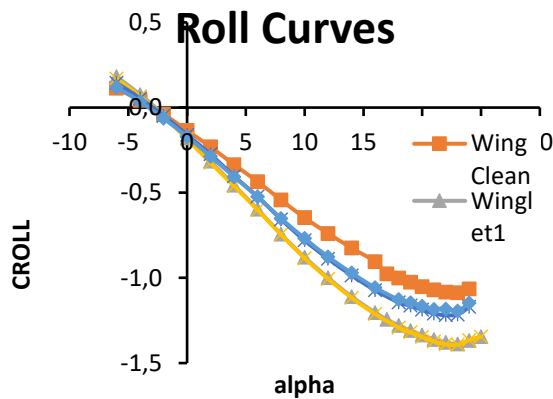


Gambar 9. Rasio lift-drag terhadap variasi sudut serang

**Error! Reference source not found.** menunjukkan pengaruh adanya winglet terhadap momen pitch sayap. Winglet 1 dan winglet 2 memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap momen pitch, dengan nilai  $C_{m0}$  9.2% dan 9.1%. Sedangkan winglet 3 dan winglet 4 tidak terlalu besar pengaruhnya yaitu sebesar 3.4% dan 5.6%. Namun jika dilihat lebih detail, pada sudut serang lebih rendah dari  $10^\circ$ , winglet 3 dan winglet 4 memberikan pengaruh yang lebih besar daripada sudut serang lebih dari  $10^\circ$ . Hal ini diakibatkan oleh efek drag dari winglet yang secara resultan memiliki jarak vertikal terhadap sayap, sehingga memberikan kontribusi pada bertambahnya momen pitch. Bentuk winglet memberikan kontribusi yang signifikan terhadap momen roll. Seperti ditunjukkan pada Gambar 11, winglet 1 dan winglet 2 memberikan kontribusi yang cukup besar, sedangkan winglet 3 dan winglet 4 tidak terlalu besar.



Gambar 10. Grafik momen pitch terhadap variasi sudut serang



Gambar 11. Grafik momen roll terhadap variasi sudut serang

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil studi yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil adalah:

- Penggunaan winglet selain memberikan penambahan lift, ternyata juga menambah besaran drag yaitu pada komponen profile drag akibat bertambahnya luasan sayap.
- Efisiensi aerodinamika paling baik diperoleh dari desain winglet 2. Sedangkan drag lebih rendah diperoleh dari desain winglet 3.
- Dari keempat buah winglet yang diuji, maka yang paling baik adalah winglet 3 dimana drag dan momen yang dihasilkan tidak terlalu besar.
- Desain winglet masih perlu dioptimasi, agar diperoleh desain yang

menghasilkan drag yang lebih rendah daripada clean wing

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kemenristek atas pendanaan melalui Dana insentif PKPP dalam penelitian dan penyusunan makalah ini, kepada Kepala Pusat Teknologi Penerbangan Drs. Gunawan Setyo Prabowo, M.T. yang memfasilitasi penulis dalam penelitian ini.

## PERNYATAAN PENULIS

Semua Penulis dalam makalah dan penelitian ini merupakan Kontributor Utama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] FAA, "Aerodynamics of Flight," in *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*, 2016, p. Ch. 5.
- [2] AeroToolbox.net, "Wing Area and Aspect Ratio," 2017. [Online]. Available: <https://aerotoobox.com/intro-wing-design/>. [Accessed 18 September 2020].
- [3] M. Jahanmiri, "Aircraft Drag Reduction: An Overview," Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2011.
- [4] F. Nagel, "Wings with End Plates," McCook Field, Nov. 4, 1924.
- [5] W. Mangler, "The Lift Distribution of Wings with End Plates," NACA TM 856, 1938.
- [6] J. Weber, "Theoretical Load Distribution on a Wing With Vertical Plates," British A.R.C., 1956.
- [7] R. Whitcomb, "A Design Approach and Selected Wind Tunnel Result at High Subsonic Speed for Wing Tip Mounted Winglets," NASA TN D-8260, July 1976.
- [8] A. Hossain, P. R. Arora, A. Rahman, A. A. Jaafar and A. P. Iqbal, "Analysis of Longitudinal Aerodynamic Characteristics of an Aircraft Model with and Without Winglet," *Jordan Journal of Mechanical and Industrial*

*Engineering*, Vols. Volume 2, Number  
3, pp. 143 - 150, Sep. 2008.

- [9] A. Aribowo, S. T. Pinindriya, T. M. I. Hakim and A. M. Pramutadi, "Perancangan Wingtip Device Pesawat N219 untuk Meningkatkan Efisiensi Sayap," in *SIPTEKGAN XVI*, 2012.
- [10] U. o. Illinois, "UIUC Airfoil Database," [Online]. Available: <https://m-selig.ae.illinois.edu/ads/afplots/naca0010.gif>. [Accessed 29 September 2020].