

## STUDI EKSPERIMEN TUFT FLOW VISUALIZATION PADA FORWARD WINGTIP FENCE CANT ANGLE 75° TERHADAP KINERJA AERODINAMIKA WING AIRFOIL E562

Setyo Hariyadi S.P<sup>1</sup>, Melando Sagala<sup>2</sup>

<sup>1,2)</sup> Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani I/73, Surabaya 60236

Email: [sagalamelando123@gmail.com](mailto:sagalamelando123@gmail.com)

### Abstrak

Winglet adalah salah satu aksesoris pada sayap pesawat yang memungkinkan penambahan performansi sayap tanpa harus memperpanjang wingspan (bentangan sayap pesawat). Winglet dapat berupa sirip tambahan yang dipasang tegak lurus pada ujung sayap, atau dapat berupa perpanjangan sayap yang ditekuk ke arah vertikal. Winglet berfungsi untuk meredam pusaran aliran (vortex) pada bagian ujung sayap (tip vortex) yang disebabkan aliran udara dari bagian bawah sayap yang bertekanan tinggi ke aliran udara bagian atas sayap yang bertekanan rendah yang dan mengakibatkan terjadinya trailing vortex. Metode eksperimen yang akan digunakan pada studi kali ini adalah simulasi eksperimen menggunakan terowongan angin (wind tunnel) yang berada di lab Aerodynamic hangar prodi teknik pesawat udara (TPU) Politeknik Penerbangan Surabaya. Benda uji ini berupa airfoil Eppler 562 dengan panjang 50 cm, dan modifikasi winglet berjenis Forward Wingtip Fence dengan cant angle 75°, dengan sudut serang (angel of attack) 0°, 4°, 10°, 12°, 15°, dan 17°. Aliran fluida berupa freestream dengan kecepatan  $v = 10$  m/s dalam kondisi steady dengan  $Re = 2,4 \times 10^5$ . Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan peforma aerodinamika dan fenomena aliran udara di sekitar airfoil. Pada pengujian ini ada perbedaan fenomena aliran udara di belakang

**Kata Kunci:** Winglet, Wingspan, Vortex, Tip Vortex, Trailing Vortex.

### Abstract

Winglet is one of the accessories on the aircraft's wing that allows the addition of wing performance without having to widen the wingspan (stretch of the wing). Winglets can be in the form of additional fins that are mounted perpendicular to the wing tips, or can be in the form of extended wings that are bent vertically. The winglet serves to reduce the flow of the vortex at the tip of the wing (tip vortex) caused by the flow of air from the underside of the high-pressure wing to the lower-wing air flow of the lower-pressure wing which results in trailing vortex. The experimental method that will be used in this study is an experimental simulation using a wind tunnel in the Aerodynamic Hangar Lab of Aircraft Engineering Study Program (TPU) at Surabaya Aviation Polytechnic. This specimen is in the form of an Eppler 562 airfoil with a length of 50 cm, and a modified winglet of the Advanced Winglet Forward Fence with a cant angle of 75°, with an angle of attack (angel of attack) 0°, 4°, 10°, 12°, 15°, and 17°. Velocity of freestream is 10 m/s with steady condition. The Re of simulation is  $= 2,4 \times 10^5$ . From the results of the tests that have been carried out, it is found that the aerodynamic performance and the phenomenon of airflow around the airfoil. In the test, there is a difference in the airflow phenomenon behind and on the airfoil body.

**Keywords:** Winglet, Wingspan, Vortex, Tip Vortex, Trailing Vortex

## PENDAHULUAN

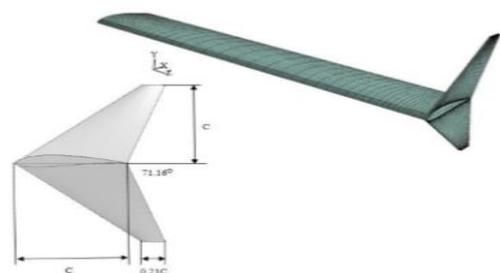
*Airfoil* atau *aerofoil* adalah suatu bentuk geometri yang dirancang untuk menghasilkan gaya lift saat terdapat aliran fluida yang bergerak terhadap permukaannya. Berdasarkan geometrinya *airfoil* diklasifikasikan menjadi *symetry airfoil* dan *nonsymmetrical airfoil*. Semua desain pesawat akan menggunakan besaran *lift* setinggi-tingginya, untuk mencapai hal tersebut membutuhkan *angle of attack* ( $\alpha$ ) yang tinggi juga. Pada saat  $\alpha$  tinggi akan menimbulkan gaya *drag* yang meningkat juga. Salah satu usaha dalam mengurangi efek tip vortex adalah dengan menambahkan *winglet* di ujung sayap pesawat. *Winglet* adalah plat yang ditempelkan pada *wintip* atau seperti perpanjangan sayap yang ditekuk keatas dan kebawah pada posisi tegak di ujung sayap. Ada berbagai jenis *winglet* antara lain: *Simple Winglet*, *Blended winglet*, *Wingtip Fence/Shifted Downstream Winglet*, dan *Raked Wingtip*.

Penelitian terdahulu yang pernah dilakukan oleh Arifandi Rachmadiyan (2017) adalah mengeksplorasi fenomena aliran pada sayap pesawat dengan tipe *airfoil* Eppler 562 yang dikombinasikan dengan *winglet* berjenis *Whitcomb winglet*. Selain itu diamati juga karakteristik *boundary layer* untuk mendapatkan *Koefisien Lift* ( $C_L$ ), *Koefisien Drag* ( $C_D$ ), *Lift to Drag Ratio* ( $C_L/C_D$ ). Hasil dari simulasi pada *airfoil* Eppler 562 dengan variasi *whitcomb winglet*, menunjukkan bahwa penggunaan *whitcomb winglet* dapat meningkatkan performa *airfoil*, walaupun penambahan *winglet* juga memperbesar *koefisien drag* dengan bertambahnya nilai sudut serang. Penambahan *whitcomb winglet* juga dapat meningkatkan performa dari *plain airfoil*, khususnya pada sudut serang tinggi.

Setyo Hariyadi (2019) mengeksplorasi fenomena aliran melalui sayap pesawat dengan dan tanpa *winglet*. Model sayap yang digunakan adalah sayap dengan profil *airfoil* penelitian Turanoguz (2014) yaitu dengan menggunakan *Eppler 562* dengan modifikasi

penambahan *winglet* di bagian *tip* untuk mengetahui pengaruh penambahan *winglet* dibandingkan tanpa model sayap tanpa *winglet*. Hasil dari simulasi ini antara lain *Forward wingtip fence* menghasilkan kenaikan koefisien *lift* 84,5 % dan *rearward wingtip fence* 46,6 %, *Forward wingtip fence* lebih mampu menahan lompatan aliran fluida dari *lower surface* dibandingkan konfigurasi yang lain. Penambahan luasan permukaan (*wingtip fence*) menyebabkan adanya penambahan efek viskos sehingga terjadinya disipasi semakin besar.

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian tersebut di atas, muncul gagasan baru untuk mengetahui dinamika aliran fluida akibat penggunaan *winglet* jenis *Forward wingtip fence* dengan *cant angle*  $75^0$ . Dalam penelitian ini yang akan dijadikan sebagai bahan uji kasus adalah *airfoil*. Yaitu dengan cara memanfaatkan simulasi *wind tunnel* (terowongan angin). *Wind tunnel* bekerja dengan sistem penyedotan angin di dalam sebuah ruangan yang mempunyai bentuk menyerupai tabung venturi yang di dalamnya terdapat alat uji, yang berupa *airfoil* EPPLER 562 (gambar 1) dengan *forward wingtip fence* *cant angle*  $75^0$ . Selanjutnya dengan menggunakan teknik *tuft flow visualization*, maka dapat dilakukan pengamatan terhadap dinamika aliran fluida di *upper surface airfoil*.



Gambar 1. *Airfoil* EPPLER 562

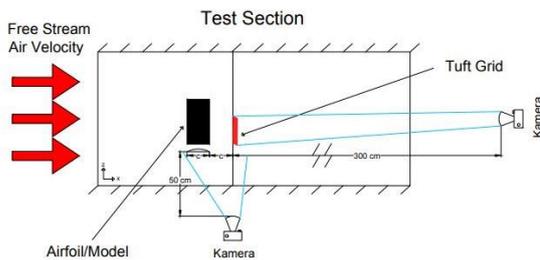
## METODE

Model sayap yang digunakan dalam penelitian ini adalah sayap dengan profil *airfoil* NACA 0012 dengan modifikasi penambahan

*trapezoidal vortex generator* bagian atas untuk mengetahui pengaruh penambahan *trapezoidal vortex generator* dibandingkan tanpa model sayap tanpa *trapezoidal vortex generator*.

Tabel 1 Parameter Winglet pada tip

Parameter	Eksperimen
Airfoil Chord, c	0.072 m
Tinggi winglet atas, h1	0.072 m
Tinggi winglet bawah, h2	0.072 m
Panjang sayap/ span, l	0.3 m
Winglet minimum chord, w	0.0152 m
Winglet maximum chord, W	0.072 m



Gambar 2. Peletakan *Vortex Generator*

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *tuft flow visualization* dan simulasi pada *open circuit subsonic wind tunnel*.

### Wind Tunnel

Penelitian ini menggunakan *wind tunnel* jenis *open circuit subsonic wind tunnel* (gambar 3) dengan kecepatan 10 m/s dan 15 m/s untuk menguji benda dalam skala model, dimana udara yang dialirkan ke dalam langsung bebas dilepas ke udara bebas setelah melalui *test section*. Terowongan angin (*wind tunnel*) dibuat dengan kondisi yang mendekati kenyataan sehingga hasil yang didapatkan cukup akurat.

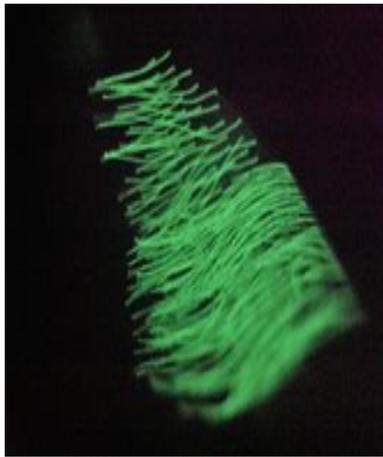


Gambar 3. *Open Circuit Subsonic Wind Tunnel*

### Tuft Flow Visualization

*Tuft flow visualization* (gambar 4) merupakan salah satu metode yang efektif untuk melihat dinamika aliran fluida di *upper surface airfoil*. Visualisasi aliran di dekat model pada aliran *subsonic* dapat menggunakan *tufts/rumbai-rumbai*. Namun demikian, ukuran *tuft*, distribusi *tuft* pada permukaan model dan penempelan menjadi hal yang penting untuk pengujian aliran turbulen dan visualisasi *boundary layer* dengan kualitas, tinggi pada model yang kompleks. *Tuft* dapat digunakan untuk menguji keseluruhan medan aliran di *wind tunnel*. *Grid* yang ditempelkan atau *tuft* yang ditempelkan pada *screen* dapat digunakan untuk memvisualisasikan *vortex shedding* di belakang atau interaksi *regime* pada medan yang berbeda. *Grid* seharusnya ditempatkan pada *wind tunnel* pada arah normal terhadap *mean flow direction* dan *tufts pattern* seharusnya diobservasi atau difoto dari arah *downstream*.

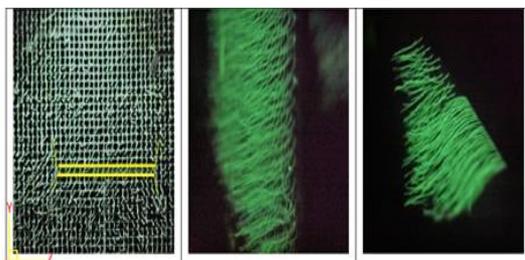
Pada pengujian ini yang digunakan yaitu pada *airfoil Eppler 562* dengan menggunakan visualisasi *tuft flow* pada *wind tunnel* dengan memberi variasi sudut serang dimana pada setiap variasi sudut serang akan dilakukan pengambilan gambar sebagai data hasil visualisasi pengujian *airfoil Eppler 562* disetiap sudut serang yang sudah ditentukan, sehingga dari data tersebut setiap variasi sudut serang dapat digunakan sebagai acuan perbandingan hasil *vortex* pada masing-masing sudut serang.



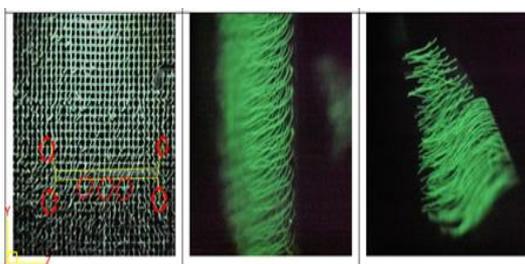
Gambar 4. Tuft Flow Visualization

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini ditampilkan beberapa hasil visualisasi aliran dengan metode *tuft flow visualization*, kontur turbulensi dan dinamika aliran fluida yang berguna untuk mengetahui cara kerja dan pengaruh penambahan *forward wingtip fence cant angle 75°* pada *airfoil EPPLER 562*.



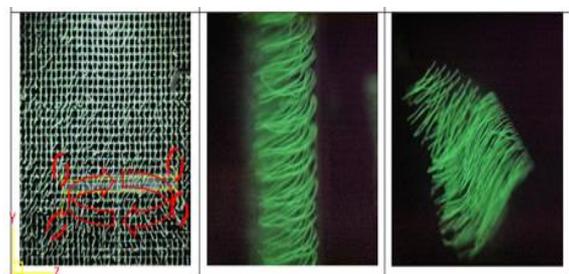
Gambar 5. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 0^\circ$



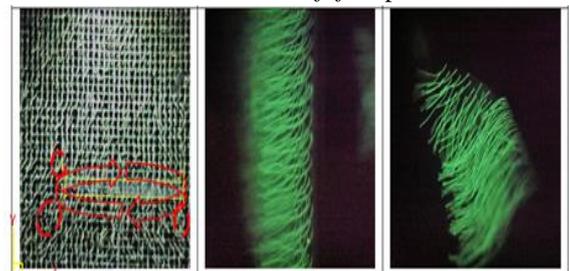
Gambar 6. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 4^\circ$

Pada Eksperimen ini, *Tuft visualisazation* digunakan untuk memvisualisasikan *vortex* yang dihasilkan *forward wingtip fence* dengan memasang layar dibelakang model. Pada gambar 4.1 sampai 4.6 ditampilkan visualisasi rumbai-rumbai (*Tuft visualization*) pada *forward wingtip fence airfoil Eppler 562* dengan sudut serang ( $\alpha$ )  $0^\circ$ ,  $4^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $12^\circ$ ,  $15^\circ$ ,

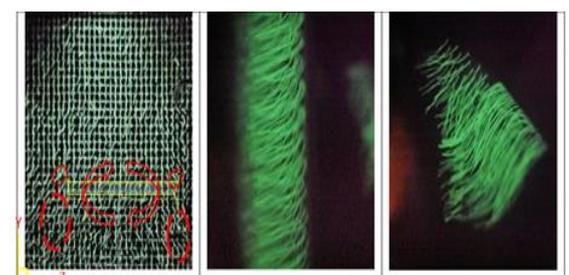
$17^\circ$  dilihat dari belakang dan samping sayap. Pada  $\alpha = 0^\circ$ , tidak nampak adanya *vortex* yang dihasilkan. Pada  $\alpha = 10^\circ$  bentuk *vortex* terlihat sangat kecil pada area di belakang ujung *fence* atas dan bawah. Pada  $\alpha = 15^\circ$ , terlihat bentuk *vortex* terlihat sangat kecil pada area di belakang ujung *fence* bawah dan pada area di belakang *mindspan* juga mulai nampak adanya *vortex* juga yang dimiliki ukuran lebih besar dari pada sisi belakang *fence*. Dimungkinkan *vortex* ini adalah hasil dari *bound vortex*. Pada  $\alpha = 17^\circ$ , *vortex* dibelakang ujung *fence* bahwa terlihat masih sama kecil ukurannya dengan  $\alpha = 15^\circ$  dan pada area di belakang *mindspan* ukuran *vortex* yang dihasilkan menjadi lebih besar dari pada sisi belakang *fence* dari pada *vortex*  $\alpha = 15^\circ$



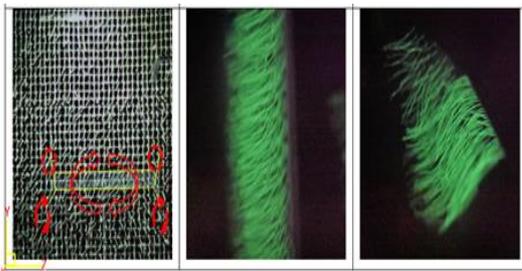
Gambar 7. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 15^\circ$



Gambar 8. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 17^\circ$



Gambar 9. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 12^\circ$



Gambar 10. Visualisasi tuft flow pada  $\alpha = 10^\circ$

Tabel 1. Hasil Tuft Flow Visualization

Sudut Serang ( $\alpha$ )	Pandangan Isometri	Pandangan Atas	Pandangan Samping Sisi Bawah	Pandangan Samping Sisi Atas
	$0^\circ$			
$4^\circ$				
$10^\circ$				
$12^\circ$				
$15^\circ$				
$17^\circ$				

## PENUTUP

### Simpulan

Dari analisa hasil eksperimen, diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan *forward wingtip fence cant angle*  $75^\circ$  pada *airfoil Eppler 562* bekerja untuk mengurangi *turbulence* pada *airfoil*.
2. Pada *airfoil* yang telah ditambahkan *forward wingtip fence cant angle*  $75^\circ$ , perubahan aliran udara yang melewati *upper surface airfoil Eppler 562* awalnya

tenang semakin bertambahnya sudut serangnya *turbulence* nya semakin terlihat.

### Saran

Dari eksperimen yang telah dilakukan ada beberapa saran, antara lain:

1. Diharapkan pengambilan data sebaiknya menggunakan peralatan yang sudah teruji, agar memperoleh data yang lebih akurat. Misalnya performa alat simulasi (*wind tunnel*) harus dalam kondisi yang baik.
2. Diharapkan pengambilan data visualisasi aliran sebaiknya menggunakan alat dokumentasi dengan resolusi tinggi. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah proses analisa atau identifikasi.
3. Diharapkan penggunaan *cant angle* pada sudut yang lain.
4. Diharapkan penggunaan rumbai-rumbai yang lebih kecil dari yang dipakai saat ini sehingga meningkatkan kualitas visualisasi dari eksperimen.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hanifah, S. 2015. *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Wind Tunnel tipe terbuka*. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Diponegoro.
- [2] Hariyadi, S. 2016. *Numerical Study of Aerodynamic Analysis on Wing Airfoil NACA 43018 with the addition of Forward and Rearward Wingtip Fence*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. .
- [3] Hariyadi, S. 2019. *Study Aerodiamika Shifted Downstream Winglet untuk Wing Airfoil Eppler 562 pada Unmanned Aerial Vehicle*. Jurusan Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- [4] Heller G., Fairchild Dornier, Wesling, Germany. 2002. *US Patent for “Wing Tip Extension for a Wing”*, No. 6,722,615, filed 5 Apr 2002. *airfoil eppler 562 dengan penambahan forward wingtip fence variasi cant angle 90°,85°,80°*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya, Indonesia
- [5] Panjaitan, A. S. (2017). *Studi numeric karakteristik aliran tiga dimensi di sekitar*