

# ANALISIS AERODINAMIKA PENGGUNAAN WINGTIP FENCE PADA WING AIRFOIL NACA 43018

Oleh : Setyo Hariyadi S.P., ST, MT (Peneliti – Dosen)

## ABSTRAK

*Winglet adalah salah satu aksesoris pada sayap pesawat yang memungkinkan penambahan performansi sayap tanpa harus memperlebar wingspan (bentangan sayap pesawat). Winglet berfungsi untuk meredam pusaran aliran (vortex) pada bagian ujung sayap yang disebabkan pertemuan aliran udara dari bagian bawah sayap yang bertekanan tinggi dengan aliran udara bagian atas sayap yang bertekanan rendah yang menyebabkan terjadinya turbulensi. Putaran udara ini juga menyebabkan pesawat membutuhkan energi yang lebih besar agar dapat stabil di udara, sehingga akan boros bahan bakar. Berdasarkan pengalaman dari pilot, dengan adanya winglet, bahan bakar pesawat bisa diirit hingga 7%, jumlah yang cukup besar untuk pesawat yang melakukan perjalanan jarak jauh.*

*Topik yang dikaji dalam penelitian ini adalah penambahan wingtip fence pada NACA 43018. Airfoil NACA 43018 digunakan pada sayap pesawat terbang ATR 72. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan karakteristik aliran fluida dengan dan tanpa wingtip fence. Kecepatan freestream yang digunakan yaitu kecepatan 27,8 m/s atau 100 m/s, dan pada sudut serang ( $\alpha$ )  $0^\circ$  dan  $15^\circ$ . Parameter yang dievaluasi meliputi koefisien tekanan ( $C_p$ ).*

*Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan performansi dari airfoil NACA 43018 dengan penambahan wingtip fence karena meningkatnya luasan efektif dari wing. Selain itu wingtip fence juga menunda separasi dari aliran, mencegah melompatnya aliran dari lower surface ke upper surface.*

**Kata kunci:** *airfoil NACA 43018, vortex generator, koefisien tekanan, gaya lift, gaya drag*

## Pendahuluan

Transportasi penerbangan saat ini menjadi sarana yang umum dipakai di Indonesia. Tahun 80-an dan 90-an di bandara cuma segelintir orang saja yang nampak sehingga bandara sepi. Namun saat ini mulai decade 2000-an bandara-bandara meningkat jumlahnya, jumlah pesawat yang dibeli meningkat puluhan bahkan ratusan kali

lipat, pengguna jasa penerbangan meramaikan bandara setiap pagi hingga malam hari. Hal ini membuktikan pesawat terbang menjadi kebutuhan pokok pada saat ini.

Nama Wright bersaudara, Orville (19 Agustus 1871 - 30 Januari 1948) dan Wilbur

(16 April 1867 – 30 Mei 1912) yang menemukan pesawat terbang sekitar satu abad yang lalu. Walaupun mereka bukanlah orang pertama yang membuat pesawat terbang dengan ekperimental demi ekperimental yang dilakukan namun merekalah orang pertama yang menemukan kendali pesawat yang membuat pesawat bisa terbang walaupun kedua sayapnya terpasang kaku tak bergerak.

Setelah satu abad berlalu dan dengan kemajuan teknologi hasil temuan mereka telah berkembang pesat dan menghasilkan berbagai alat pendukung tambahan pada pesawat yang mendukung efektifitas penerbangan. Sebut saja flap, slat, slot, winglet dan lain sebagainya merupakan alat-alat yang digunakan untuk menaikkan gaya angkat dari pesawat terbang dan biasanya diletakkan pada sayap. Tujuan akhir dari rekayasa ini adalah penghematan bahan bakar yang digunakan dengan cara menaikkan lift yang sebesar-besarnya namun drag sekecil-kecilnya.

Winglet adalah salah satu aksesoris pada sayap pesawat yang memungkinkan penambahan performansi sayap tanpa harus memperlebar 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 yang disebabkan pertemuan aliran udara dari bagian bawah sayap yang bertekanan tinggi dengan aliran udara bagian atas sayap yang bertekanan rendah yang menyebabkan terjadinya turbulensi. Putaran udara ini juga menyebabkan pesawat membutuhkan energi yang lebih besar agar dapat stabil di udara, sehingga akan boros bahan bakar.

Berdasarkan pengalaman dari pilot, dengan adanya winglet, bahan bakar pesawat bisa diirit hingga 7%, jumlah yang cukup besar untuk pesawat yang melakukan perjalanan jarak jauh.

Saat pesawat tinggal landas, udara yang mengalir pada permukaan atas sayap akan membentuk pusaran aliran (vortex). Turbulensi di ujung sayap akan menghambat gerak laju pesawat akibat adanya gaya hambat bagi pesawat tersebut. Disinilah fungsi besar dari Winglet yang bekerja seperti menahan gaya hambat tersebut sehingga pesawat bisa dengan cepat menerobos angkasa. Teknologi Winglet pada pesawat ini dapat menghemat bahan bakar 5 hingga 7%.

Salah titik perkembangan teknologi pesawat terbang yang penting untuk dicatat adalah pengembangan yang dilakukan **Whitcomb(1976)** dari NASA yang memulainya tahun 1973 saat terjadi krisis minyak yang mengharuskan pengurangan fuel consumption. Pengujian pertama dilakukan tahun 1979-1980 pada kerja sama dengan *U.S. Air Force*. Pada saat yang sama namun pada organisasi pendukung *U.S. Military*, produsen jet swasta, LearJet mencoba sebuah *prototype* pada 1977 yaitu LearJet 28 yang menggunakan *Winglets* pada jet untuk pertama kalinya pada pesawat terbang. Pengujian dengan dan tanpa *Winglet* menunjukkan peningkatan jarak tempuh setelah menggunakan *Winglet* sekitar 6.5% dan juga meningkatkan kestabilan arah pada LearJet 28. Hal ini terjadi karena *Winglet* dapat mengurangi kekuatan *wingtip vortices*, yang berputar di belakang pesawat. Ketika pesawat yang lain melewati olakan tersebut, turbulensinya

dapat menyebabkan kehilangan kendali dan memungkinkan terjadinya kecelakaan.

**Yahaya dan Sheriff (2012)** menyelidiki tingkah laku aliran di sekitar sayap dengan menggunakan whitcomb *Winglet* terutama mengenai pergerakan vortex dari bagian bawah *Winglet* ke bagian atas *Winglet*. Dari penelitian ini didapatkan bahwasannya streamline bergerak dari bagian bawah *tip* yang mempunyai tekanan tinggi menuju bagian atas dari *tip* yang memiliki tekanan lebih rendah. *Vorticity magnitude* pada *tip* dengan whitcomb *Winglet* lebih rendah sehingga mengurangi induced *drag*.

**Gavrilovic, dkk (2015)** menyelidiki efek penggunaan dengan beberapa macam *Winglet* yaitu blended *Winglet*, *wingtip fenceWinglet*, *Maxi Winglet* dan *spiroid Winglet* pada airfoil tipe NACA 64412 dan *Winglet* NACA 65410. Dari penelitian ini didapatkan bahwa *Maxi Winglet* menghasilkan peningkatan  $C_L/C_D$  yang paling tinggi dibandingkan jenis *Winglet* yang lain pada  $M = 0,8$ . Dari hasil tersebut fuel consumption dari *Maxi Winglet* adalah yang paling kecil. Dari penelitian tersebut disimpulkan juga beberapa kelebihan *Winglet*, antara lain :

1. Meningkatkan pembentukan  $C_L$  selalu lebih tinggi pada semua kurva *lift*
2. Mengurangi total *drag*
3. Meningkatkan *Lift to Drag Ratio*.
4. Menunda separasi (*wing stall*)
5. Meningkatkan jarak tempuh pesawat secara signifikan
6. Meningkatkan performa *take off* dan *landing*
7. Waktu *climbing* lebih pendek
8. Pengurangan turbulensi di belakang pesawat dan mengurangi jarak waktu saat landing

Kerugian penggunaan *Winglet* antara lain :

1. Peningkatan parasite *drag* seiring dengan penambahan permukaan
2. Peningkatan *weight* dengan bertambahnya *Winglet*
3. Membutuhkan studi baru mengenai struktur *wing*

**Myilsamy, dkk (2015)** menggunakan Airfoil NACA 4412 dengan blended *Winglet* pada normal *wing*,  $30^\circ$  *Winglet* dan  $90^\circ$  *Winglet*. Penelitian simulasi ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan desain dari *Winglet* yaitu dengan variasi *cant angle* yang tepat dapat memperkecil induced *drag* yang disebabkan oleh vortex pada *wingtip*.

**Pragati, dkk (2015)** meneliti pengaruh penggunaan blended *Winglet* terhadap pengurangan induced *drag* pada airfoil NACA 0015 pada kecepatan 5 m/s dan 10 m/s pada sudut serang  $0^\circ$ ,  $5^\circ$  dan  $10^\circ$ . Konfigurasi blended *Winglet* mengurangi induced *drag* pada *wing* dan meningkatkan  $L/D$  15-30% dibandingkan dengan *baseline*. *Stall angle* pada *wing* yang menggunakan blended *Winglet* diperkirakan akan lebih tinggi daripada *wing* konvensional karena pada high AoA blended *Winglet* menghasilkan  $C_L$  yang lebih baik. Hasil yang lain adalah perbandingan pengurangan induced *drag* ini dapat dilihat pada AoA yang rendah.

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian tersebut di atas, muncul gagasan untuk meningkatkan performance *Winglet* dalam meningkatkan *lift force* pada blended *winglet* dengan variasi *cant angle* terutama

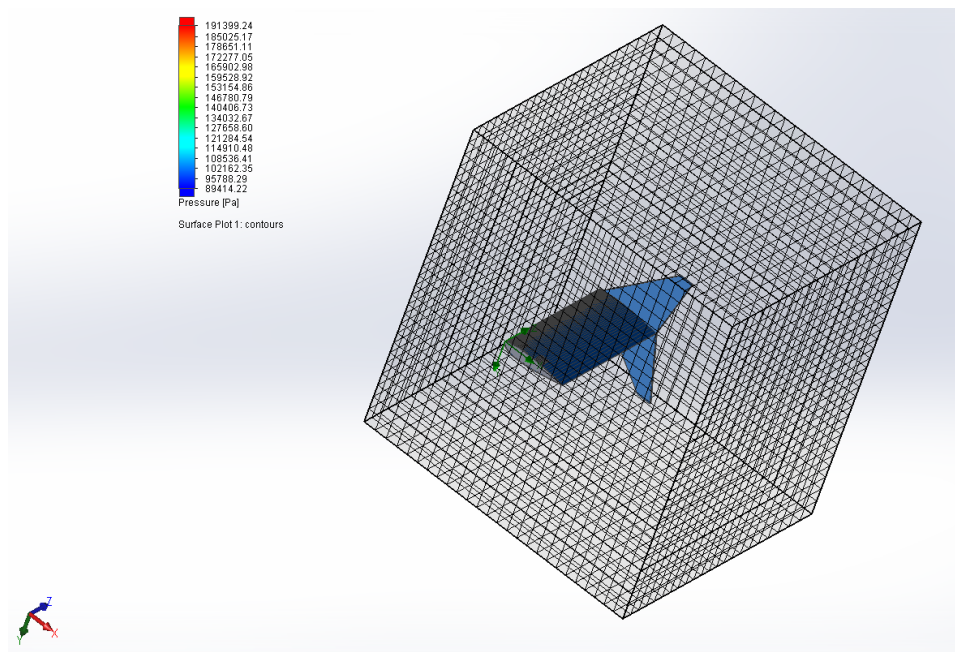
pada penggunaan pesawat komersial. Untuk tujuan ini maka diadakan pengujian pada model sayap dengan *Airfoil NACA 43018*.

### Metode Penelitian

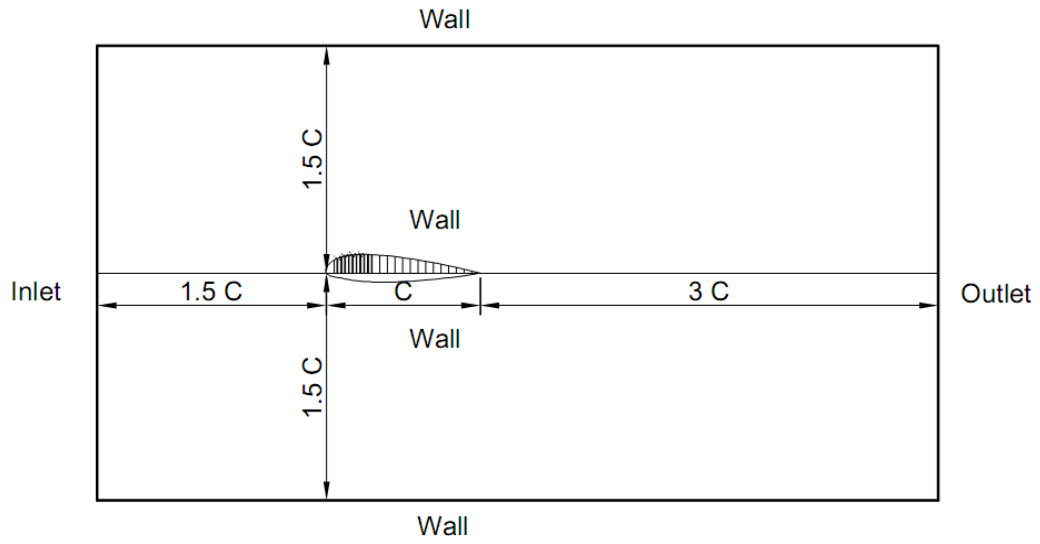
Penelitian numerik dilakukan dengan menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan software *Solidwork 2015* untuk membuat model awal dan melakukan diskritisasi (meshing) pada model tersebut. Hasil post procession akan menggunakan software Techplot Solidwork

2015. Geometri model dibuat melalui software *Solidwork 2015*. Gambar 1 adalah model dari benda uji beserta test section dari simulasi numerik yang dilakukan. Benda uji yang dimodelkan pada gambar 2.

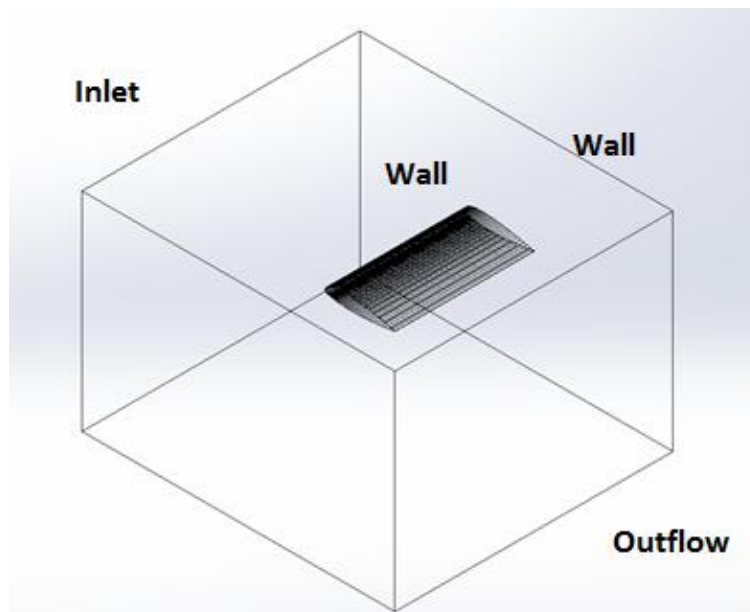
Profil *airfoil* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua *airfoil* tipe NACA 43018 dimana masing-masing adalah *plain airfoil* dan *airfoil* dengan *winglet*. Jenis *winglet* yang digunakan yaitu *Wingtip Fenced* dengan konfigurasi *cant angle*  $0^{\circ}$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



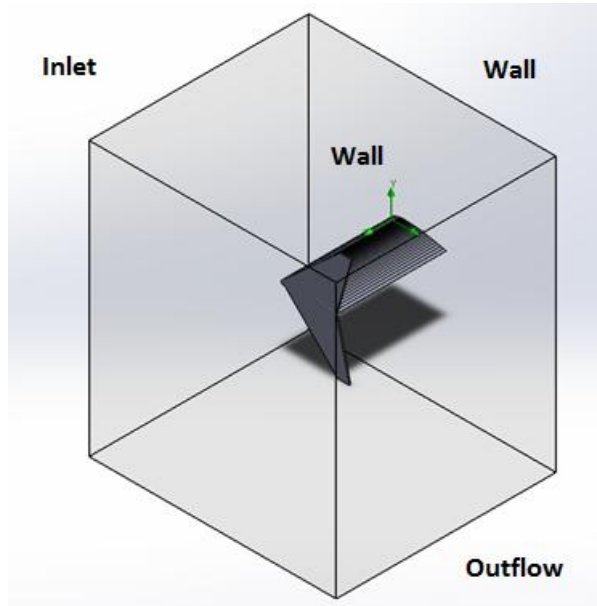
Gambar 1. Meshing pada *Airfoil 43018*



Gambar 2 Sketsa pemodelan penelitian [7]



Gambar 3. Domain Pemodelan Airfoil 3D pada Solidwork



Gambar 4. Domain Pemodelan Airfoil 3D dengan penambahan Winglet Fence pada Solidwork

Tabel 1. Langkah-langkah pada fluent dan inputannya

Langkah		Input
<i>Boundary Condition</i>	<i>Airfoil</i>	<i>Wall</i>
	<i>Dinding</i>	<i>Wall</i>
	<i>Wingtip Fence</i>	<i>Wall</i>
	<i>Inlet</i>	<i>Velocity inlet (27,8 m/s atau 100 km/h)</i>
	<i>Outlet</i>	<i>Outflow</i>
	<i>Interior</i>	<i>Interior</i>
<i>Material</i>	Densitas ( $\rho$ )	1 kg/m <sup>3</sup>
	Viskositas ( $\mu$ )	1.85 x 10 <sup>5</sup> kg/m.s
<i>Operating Condition</i>		<i>Temperature = 30° C</i>
		<i>Pressure = 10<sup>5</sup> Pa</i>

## Hasil Penelitian dan Pembahasan

### A. Analisis Perubahan $C_p$

Koefisien tekanan ( $C_p$ ) adalah angka tak berdimensi yang menggambarkan tekanan statis relatif di dalam medan aliran. Setiap titik dalam medan aliran fluida memiliki koefisien tekanan tersendiri. Koefisien tekanan merupakan parameter yang sangat berguna untuk mempelajari karakteristik aliran fluida.

Gambar 5 a. dan b. menunjukkan nilai  $C_p$  pada variasi sudut serang  $0^\circ$  dan  $15^\circ$ . Semakin besar sudut serang yang diberikan pada *airfoil* yaitu pada  $0^\circ$ , dan  $15^\circ$  maka pada bagian *upper* besarnya *coefficient of pressure* ( $C_p$ ) akan semakin negatif atau semakin kecil. Hal ini terjadi karena semakin besar sudut serang maka kecepatan aliran yang terjadi pada permukaan atas akan semakin besar sehingga tekanan akan semakin menurun. Pada pandangan atas didapatkan bahwa adanya lompatan aliran udara dari bagian bawah menuju bagian atas sehingga tampilan warna pada sisi di belakang *maximum chord* height menjadi lebih gelap. Demikian juga bagian mendekati *triling edge* terjadi kenaikan tekanan sebagai imbas turunnya tekanan di bagian depannya. Pada bagian *leading edge* tampak tekanan terpengaruh adanya lompatan aliran udara tersebut sehingga tekanan yang digambarkan dengan warna merah dann oranye menjadi lebih sedikit. Lebih kecilnya tekanan udara di bagian *leading edge* tersebut membuat aliran udara berangsur-angsur turun sampai *maximum chord*. Pada Angle of Attack  $15^\circ$  tampak bahwasannya setelah melewati *maximum chord* yang menandakan aliran berangsur-angsur telah mengalami separasi. Pada

gambar tampak atas terlihat tekanan setelah melewati *maximum chord* berwarna sama artinya sudah tidak ada gradient tekanan positif lagi yang menandakan aliran sudah mengalami separasi.

### 2. Efek *Wingtip Fence* Terhadap Perubahan $C_p$

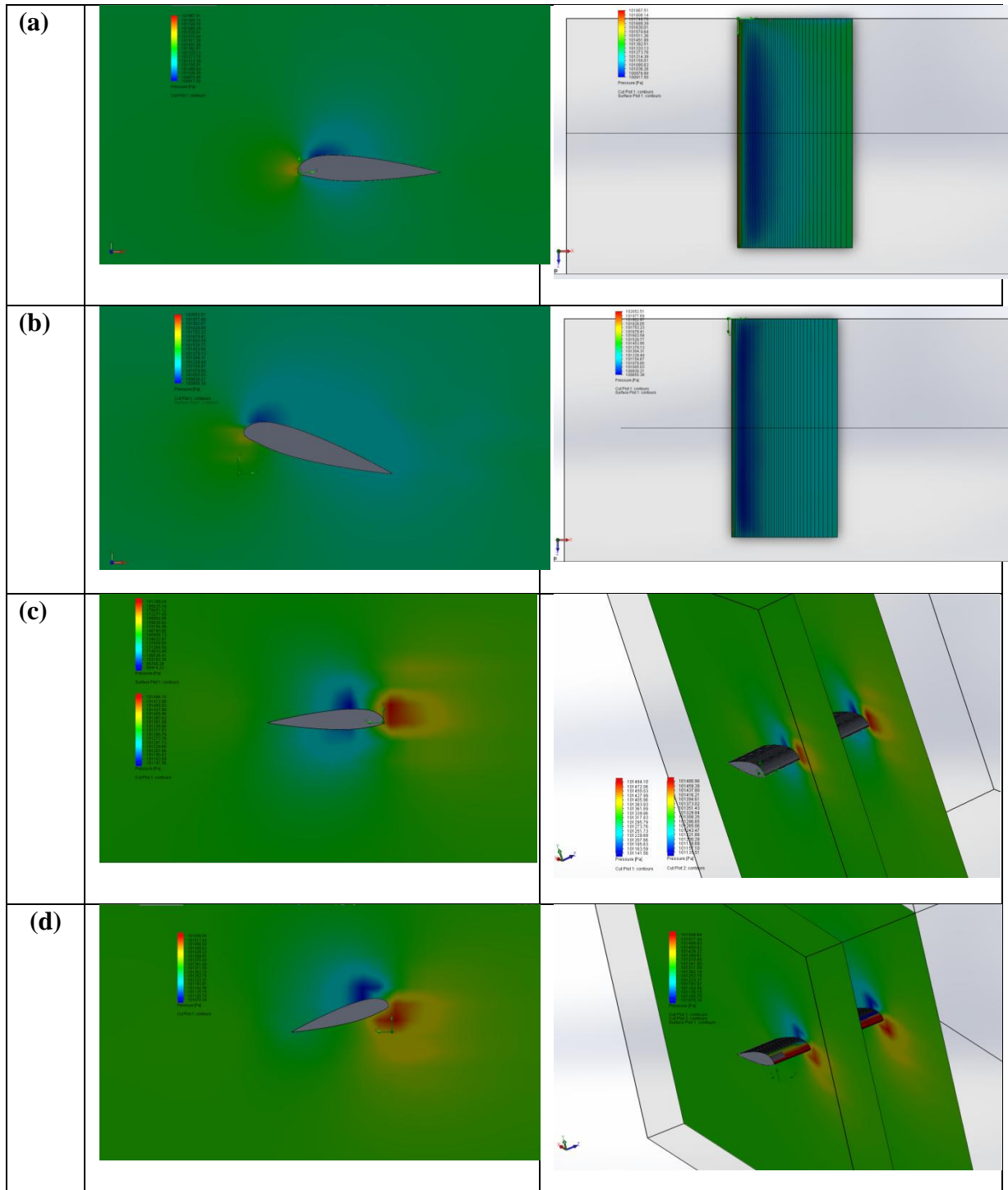
Dari gambar 5 c. dan d. Menunjukkan bahwa dengan penambahan *wingtip fence* mengurangi adanya lompatan aliran dari bagian bawah wing (*lower side*) ke bagian atas wing (*upper side*). Hal itu ditunjukkan dengan tekanan udara pada *leading edge* mempunyai tekanan yang lebih tinggi ditunjukkan dengan warna merah dan oranye dibandingkan pada gambar 5 a. dan b. Namun demikian, penambahan *wingtip fence* tetap belum dapat menghalangi semua lompatan aliran udara dari tekanan positif ke negatif. Hal ini diperlihatkan bahwa masih ada warna biru di *upper side*. Namun warna biru pada bagian *lower side* sudah dapat dihilangkan. Pada Angle of Attack  $15^\circ$  diperlihatkan bahwa *wingtip fence* memiliki kontribusi dalam menunda separasi aliran karena *wingtip fence* menghalangi lompatan udara dari *lower side* ke *upper side* yang berpotensi merusak aliran dari *leading edge* ke *trailing edge*.

Pada gambar 5 e. Ditunjukkan bahwa *wingtip fence* memiliki tekanan permukaan yang lebih tinggi karena adanya aliran udara yang berusaha melompat dari *lower side* ke *upper side*. Di samping itu tekanan pada gambar tampak atas lebih tinggi daripada sayap yang tidak dilengkapi dengan *wingtip fence*

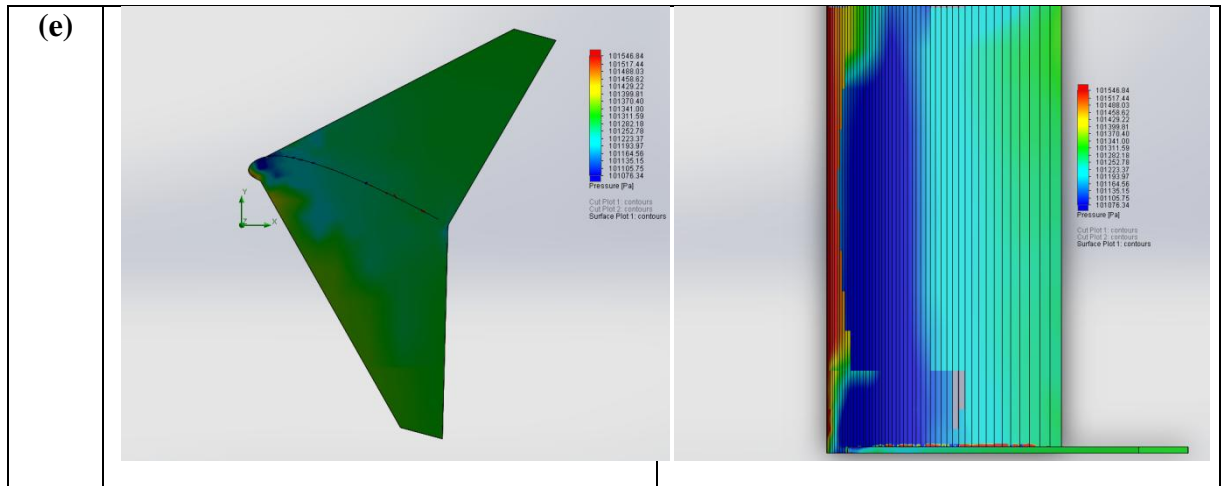
### 3. Efek *Wingtip Fence* Terhadap *Trailing Vortex*

Pada gambar 5.b. diperlihatkan bahwa tekanan pada bagian *trailing edge* memiliki tekanan yang lebih rendah. Hal ini dapat

memicu adanya *trailing vortex* pada bagian ujung wingtip. Namun dengan adanya *wingtip fence* maka tekanan udara dapat lebih baik/lebih tinggi sehingga mengurangi resiko terjadinya *trailing vortex*.







Gambar 5. Distribusi kofisien tekanan pada,

- (a)  $\alpha = 0^\circ$  tanpa *winglet*,
- (b)  $\alpha = 15^\circ$  tanpa *winglet*,
- (c)  $\alpha = 0^\circ$  dengan *wingtip fence*,
- (d)  $\alpha = 15^\circ$  dengan *wingtip fence*,
- (e)  $\alpha = 15^\circ$  dengan *wingtip fence* dilihat dari sisi *wingtip fence* dan pandangan atas,

## Kesimpulan

Dari penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Dengan penambahan *wingtip fence* dapat mengurangi laju lompatan aliran dari *lower side* ke *upper side*
2. *Wingtip fence* mengurangi terjadinya potensi separasi yang lebih awal pada *trailing edge*
3. Potensi terjadinya *trailing vortex* dapat dikurangi dengan adanya *wingtip fence*
4. *Wingtip fence* dapat meningkatkan Lift dari pesawat dengan meningkatnya luasan efektif.

## Referensi

- [1] Anderson, J. D., Jr. (2007). Fundamentals of Aerodynamics, 5rd edition. Mc Graw Hill, Inc.,
- [2] Dinesh M.; Kenny Mark V.; Dharni Vasudhevan Venkatesan; Santhosh Kumar B.; Sree Radesh R.; V. R. Sanal Kumar (2014), Diagnostic Investigation of Aircraft Performance at Different Winglet Cant Angles, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering Vol:8, No:12, 2014
- [3] Fox. R. W., Mc Donald.A.T & Pritchard.P.J.(2010), Introduction to Fluid Mechanics 7th Edition, Purdue University
- [4] Gavrilovic, Nikola N; Boško P. Rašuo; George S. Dulikravich; Vladimir B. Parezanović (2015), Commercial Aircraft Performance Improvement Using Winglet, FME Transaction Vol. 43, No 1 2015
- [5] Gratzler, L. B. (1991), Seattle, US Patent for “Spiroid Tipped Wing”, No. 5,102068, filed 25 Feb 1991
- [6] Heller G., Fairchild Dornier, Wessling, Germany (2002) , US Patent for “Wing Tip Extension for a Wing”, No. 6,722,615, filed 5 Apr 2002
- [7] <http://avstop.com/ac/flighttraininghandbook/pressuredistribution.html> diakses 16 Februari 2015
- [8] Hugues, C., Vitry sur Seine, France, European Patent for “Cylindrical Wing Tip with Helical Slot”, No. WO 02/083497, filed 11 Apr 2001
- [9] Jacobs, Eastman N., Abbott, Ira H. (1935), Airfoil Section Data Obtained In The NACA Variable-Density Tunnel As Affected by Support Interference And Other Correction, National Advisory Committee For Aeronautics, Report 669
- [10] Jin, Zheyang (2009), Aerodynamics, Lecture Material, School of Aerospace Engineering and Applied Mechanics Tongji University, Shanghai, China
- [11] Jupp J. A., Rees P. H. (1986), British Aerospace, London, US Patent for “Aircraft Wing and Winglet Arrangement”, No. 4,714,215, filed 12 Jun 1986
- [12] Lambert, Dimitri (2008), Numerical Investigation of Blended Winglet Effects on Wing Performaces, Final Project on Institute of Energy Technology Aalborg University Denmark and Faculty of Applied Science Liege University Belgium
- [13] Maughmer M. D., “The Design of Winglets for High-Performance Sailplanes”, AIAA Paper 2001-2406
- [14] Myilsamy, D; Yokesh Thirumalai, Premkumar P.S (2015), Performance Investigation of an Aircraft Wing at Various Cant Angle of Winglet Using CFD Simulation, Altair Technology Conference India
- [15] Meyer Jr, Robert R.; Peter F. Covell (1986), Effect of Winglets on First Generation Jet Transport Wing, NASA Technical Paper 2619
- [16] Nicholas J. Mulvany, Li Chen, Jiyuan Y. Tu and Brendon Anderson (2004), Steady State Evaluation of Two Equation RANS Turbulence Models for High Reynolds Number Hydrodynamic Flow Simulations, Final Report, Defence Science and Technology Organisation, Departement of Defence, Australian Government
- [17] Nita, Mihaela Florentina (2008), Aircraft Design Studies Based on the ATR 72, Department of Automotive and Aeronautical Engineering Hamburg University of Applied Sciences
- [18] Pragati, P; Sudarsan Baskar (2015). Aerodynamic Analysis of Blended Winglet for Low Speed Aircraft, Proceeding of The World Congress on Engineering 2015 Vol II
- [19] Rao, A. Yashodara; A. Sarada Rao; Appajosula S. Rao (2012), Effect of Winglets on the Lift and Drag Characteristic of Model Airplane, The International Journal of Engineering And Science (IJES) Volume I 2012 Pages 269-279.
- [20] Salahuddin, M. ; Mohd Obaid-ur-Rahman ; Shaik Jaleel (2013), A Report on Numerical Investigation of Wings :With and Without Winglet, International Journal of Research in Aeronautical and

- Mechanical Engineering Vol I Issue 1 2013  
Page 7-25
- [21] Tobak, M. and D.J. Peake. 1982. Topology of Three Dimensional Separated Flows, Ann. Review Fluid Mechanics, 14th Volume, S.61/85.
- [22] Tuakia, Firman (2008), Dasar-dasar CFD Menggunakan Fluent, Penerbit Informatika Bandung
- [23] Vogt R. (1951), US Patent for “Twisted Wing Tip Fin”, No. 2,576,981, filed 1951
- [24] Whitcomb, Richard T. (1976), A Design and Selected Wind Tunnel Results at High Subsonic Speeds for Wingtip Mounted Wingled, NASA Technical Note, July 1976
- [25] Wang, K. C. (1976). Separation of three-dimensional flow. In Reviews in Viscous Flow, Proc. Lockheed-Georgia Co. Symp. LG 77ER0044, pp. 341-414
- [26] Weierman, Jacod, Jamey D. Jacob, Winglet Design and Optimization for UAVs, 28th AIAA Applied Aerodynamics Conference, 28 June - 1 July 2010, Chicago, Illinois, 2010-4224
- [27] Yahaya, N; Jamaluddin Md Sheriff (2012), Flow Behaviour Around Winglet, Jurnal Mekanikal June 2012, No 34, 95-100
- [28] Yarusevych, Serhiy, Michael S. H. Boutilier (2010), Vortex Shedding Characteristics of a NACA 0018 Airfoil at Low Reynolds Numbers, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, N2L 3G1