



Analisis Pengaruh Penambahan *Blended Winglet* Pada Pesawat Boeing 737 – 400 Terhadap Aerodinamika Pada Sayap Pesawat Menggunakan Metode Ansys

Analysis Of The Effect Of Adding Blended Winglets To The Boeing 737 – 400 Aircraft On The Aerodynamics Of The Aircraft Wings Using Ansys Method

Farhan Akbarinaldi*, Linggar Widayatmo, S.Si., M.T.²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara
E-mail: akbarinaldifarhan@gmail.com

Abstract— *This research aims to explore the effect of adding a Blended Winglet to the wing of the Boeing 737-400 on its aerodynamic characteristics, particularly with regard to the reduction of wing-tip vortices and the induced drag they generate. Using a numerical simulation approach via Computational Fluid Dynamics (CFD) in ANSYS Fluent, the study models the airflow around the wing with and without a winglet to obtain comparative data on the lift-to-drag ratio, induced drag coefficient, and changes in tip-vortex behaviour. The expected findings show that the installation of a blended winglet can significantly reduce vortex strength and induced drag—consistent with literature stating winglets help reduce induced drag. With these improvements, this aerodynamic modification has the potential not only to enhance fuel efficiency and reduce operational costs but also to support sustainability in aviation through lower carbon emissions.*

Keywords— *Spacecraft launch vehicle, basic rocket propulsion, fin variations.*

Abstrak— *Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi pengaruh penambahan Blended Winglet pada sayap pesawat Boeing 737-400 terhadap karakteristik aerodinamika, terutama dalam hal pengurangan pusaran ujung sayap (wingtip vortex) yang menghasilkan hambatan induksi (induced drag). Dengan menggunakan metode simulasi numerik melalui ANSYS Fluent dalam ranah CFD (Computational Fluid Dynamics), penelitian ini memodelkan aliran udara di sekitar sayap dengan dan tanpa winglet untuk memperoleh data perbandingan terkait rasio angkat terhadap hambatan (lift-to-drag ratio), koefisien hambatan yang diinduksi, serta perubahan pola aliran di ujung sayap. Hasil yang diharapkan menunjukkan bahwa pemasangan blended winglet mampu mengurangi kekuatan vortex ujung sayap, menurunkan nilai hambatan induksi secara signifikan — sesuai dengan temuan literatur yang menyebut bahwa winglet dapat mengurangi hambatan induksi hingga sekitar 6–20 % dalam beberapa studi. Dengan demikian, modifikasi aero-struktur ini tidak hanya berpotensi meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan biaya operasional penerbangan, tetapi juga mendukung inisiatif keberlanjutan lingkungan melalui penurunan emisi karbon dalam sektor penerbangan.*

Kata Kunci— *Roket peluncur wahana antariksa, propulsi dasar roket, variasi fin.*

*Farhan Akbarinaldi
E-mail: akbarinaldifarhan@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Pesawat terbang merupakan salah satu moda transportasi udara yang penting dalam dunia penerbangan. Pesawat terbang memainkan peran vital dalam berbagai aspek, baik dalam transportasi sipil, perdagangan maupun militer. Agar selalu dapat meningkatkan efektivitas dan pengoptimalan sumber daya, TNI AU harus selalu mengembangkan teknologi pesawat yang digunakan, termasuk melakukan modifikasi dan pemeliharaan terhadap pesawat terbang tersebut. Salah satu pesawat terbang yang digunakan TNI AU adalah Boeing 737-400, yang digunakan untuk menjalankan misi transportasi baik pengangkutan personel maupun pengangkutan logistik. Dengan teknologi yang dimiliki oleh Boeing 737-400, pesawat ini mampu mengangkut 188 penumpang dalam sekali penerbangan. Untuk mengoptimalkan kinerja pesawat tersebut maka dibutuhkan perawatan yang rutin serta modifikasi pesawat untuk mendukung penerbangan agar penerbangan menjadi lebih nyaman dan efisien.

Namun saat pengoperasiannya di udara, pada sayap sering terjadinya fenomena yang dapat menurunkan efisiensi pesawat terbang, yaitu fenomena *vortex*. Fenomena *vortex* merupakan fenomena terbentuknya pusaran udara di ujung sayap pesawat. Fenomena tersebut terjadi karena udara yang berada di atas sayap pesawat bergerak lebih cepat dibandingkan udara yang berada di bawah sayap pesawat, hal tersebut menyebabkan tekanan udara di bawah sayap pesawat lebih tinggi dibandingkan udara yang berada di atas sayap pesawat. Udara yang berada di bawah pesawat cenderung bergerak ke atas sayap pesawat dan bertemu dengan udara yang bergerak ke bawah dari atas sayap dan hal tersebut dapat berpotensi menghasilkan gaya *drag* yang dapat berdampak pada performa aerodinamis pada pesawat.

Salah satu inovasi yang dilakukan untuk mengurangi *drag* yaitu dengan menambahkan *winglet* pada ujung sayap pesawat. *Winglet* berfungsi untuk mengurangi pembentukan *vortex* yang terjadi pada ujung sayap dengan mengubah aliran udara, sehingga dapat meningkatkan efisiensi aerodinamika dan mengurangi hambatan yang terjadi pada sayap pesawat.

II. LANDASAN TEORI

A. *Winglet*:

Aksesoris di ujung sayap yang meningkatkan performa sayap tanpa memperlebar bentangan sayap, dengan meredam pusaran udara (*vortex*).

B. *Blended Winglet*:

Type *winglet* yang berupa perpanjangan sayap dengan transisi melengkung ke atas dari ujung sayap, meningkatkan efisiensi aerodinamis.

C. *Vortex*:

Pusaran udara yang terbentuk di ujung sayap akibat perbedaan tekanan antara bagian bawah dan atas sayap, yang menghasilkan hambatan induksi.

D. *Drag*:

Gaya hambat pada pesawat dalam aliran udara; terdiri dari parasite drag (struktur yang tidak menghasilkan lift), induced drag (hasil sayap yang menghasilkan lift) dan wave drag (pada kecepatan supersonik).

E. Airfoil:

Bentuk geometri sayap yang dirancang untuk menghasilkan lift maksimal dan hambatan minimal.

F. Lift:

Gaya tegak lurus aliran udara yang timbul karena perbedaan tekanan; dipengaruhi kepadatan udara, luas sayap, dan kecepatan.

G. ANSYS:

Perangkat lunak simulasi numerik untuk analisis fisika dan aerodinamika tanpa eksperimen fisik.

H. Sudut Serang (Angle of Attack):

Sudut antara garis chord sayap dan aliran udara relatif; penting dalam mengatur lift dan mencegah stall.

I. Canted Angle:

Sudut pemasangan winglet pada sayap; aspek kunci dalam peningkatan aerodinamika bagi winglet.

J. Airfoil – Klasifikasi:

Symmetrical airfoil (atas-bawah simetris, camber = 0) dan asymmetrical airfoil (atas-bawah berbeda, ada camber); terdiri dari leading edge, trailing edge, dan chord.

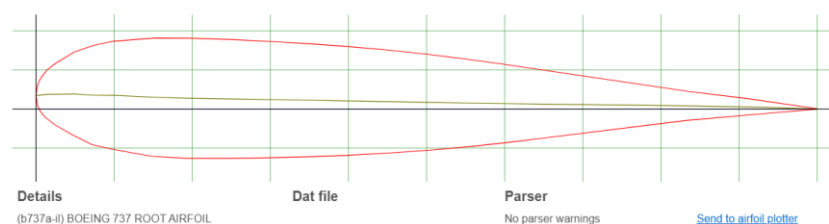
III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

Bab ini berisikan diagram alir (*flowchart*) yang meliputi proses penelitian, uraian data secara rinci mengenai penelitian, variabel penelitian, alat atau instrumen untuk mengumpulkan data, prosedur pengambilan pengumpulan data dan cara analisis data. Penjelasan singkat mengenai tahapan penelitian yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Mengambil data *airfoil* dari *wingroot*, *wing midspan* dan *wingtip* Boeing 737-400 pada website www.airfoiltools.com.

BOEING 737 ROOT AIRFOIL (b737a-il)

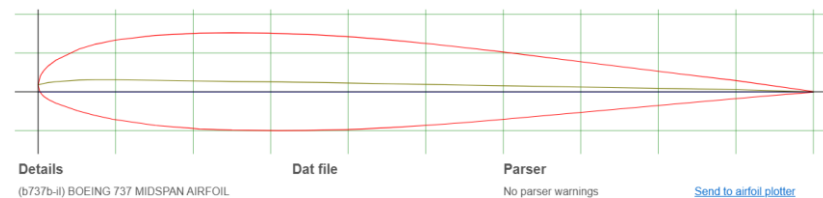
BOEING 737 ROOT AIRFOIL - Boeing Commercial Airplane Company model 737 airfoils



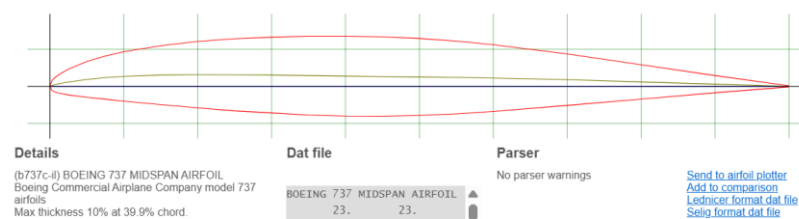
Analisis pengaruh penambahan *blended winglet* pada pesawat boeing 737-400 terhadap aerodinamika pada sayap pesawat menggunakan metode ansys (Farhan Akbarinaldi)

BOEING 737 MIDSPAN AIRFOIL (b737b-il)

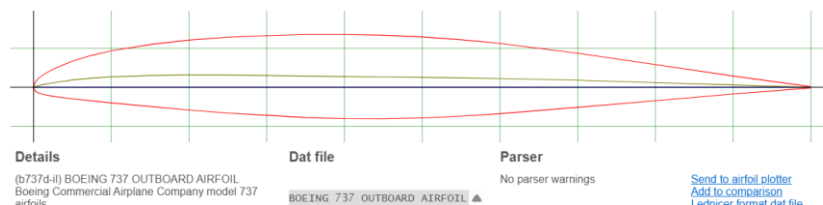
BOEING 737 MIDSPAN AIRFOIL - Boeing Commercial Airplane Company model 737 airfoils

**BOEING 737 MIDSPAN AIRFOIL (b737c-il)**

BOEING 737 MIDSPAN AIRFOIL - Boeing Commercial Airplane Company model 737 airfoils

**BOEING 737 OUTBOARD AIRFOIL (b737d-il)**

BOEING 737 OUTBOARD AIRFOIL - Boeing Commercial Airplane Company model 737 airfoils



Gambar 3.1. Airfoil sayap Boeing 737-400

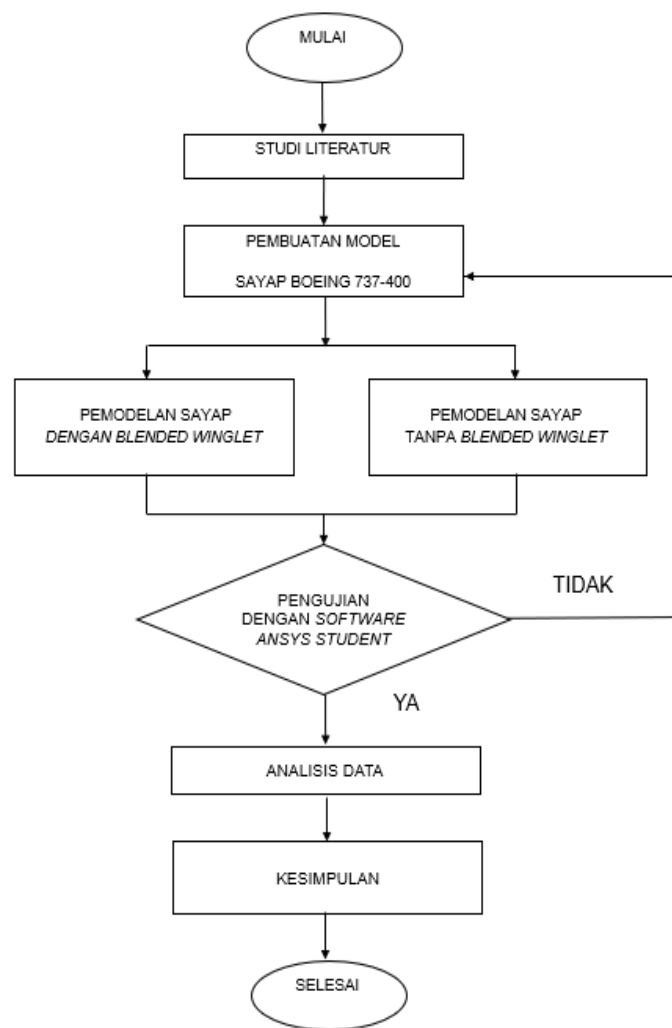
2. Salin data yang telah didapat tersebut kedalam excel dan simpan data tersebut sebagai teks (berbatas tab) agar dapat terbaca oleh software ansys

A	B	C	D	E	F
#group	#point	#x_coord	#y_coord	#z_coord	
1	1	0	0,0177	0	
1	2	0,0023	0,0309	0	
1	3	0,005	0,0372	0	
1	4	0,0076	0,0415	0	
1	5	0,0143	0,0499	0	
1	6	0,0249	0,0582	0	
1	7	0,0495	0,073	0	
1	8	0,074	0,0814	0	
1	9	0,099	0,0866	0	
1	10	0,153	0,0907	0	
1	11	0,1961	0,0905	0	
1	12	0,2504	0,0887	0	
1	13	0,3094	0,0858	0	
1	14	0,352	0,0833	0	
1	15	0,3919	0,0804	0	
1	16	0,4477	0,0756	0	
1	17	0,5034	0,0696	0	
1	18	0,5593	0,0626	0	
1	19	0,5965	0,0575	0	
1	20	0,6488	0,0498	0	
1	21	0,8351	0,0224	0	
1	22	0,9109	0,0132	0	
1	23	1.000.000	0,0003	0	
1	24	0	0	0	
1	25	0	0,0177	0	

Gambar 3.2. Data *Airfoil*

- Setelah data dimasukkan ke Ansys maka akan terbentuk *airfoil* sesuai koordinat
- Gabungkan 4 *airfoil* tersebut menjadi satu *wing*
- Lakukan analisis pada kedua model sayap dengan variasi *angle of attack* dan kecepatan yang telah ditentukan.
- Kumpulkan hasil *drag*, *lift*, koefisien *lift*, koefisien *drag* dan *lift-to-drag ratio* pada kedua model.
- Membuat visualisasi tekanan yang terjadi pada sayap pesawat baik dengan *winglet* dan tanpa *winglet*
- Membuat visualisasi tekanan yang terjadi pada sayap pesawat baik dengan *winglet* dan tanpa *winglet*
- Catat hasil analisis dan buat kesimpulan dari hasil data tersebut.

Diagram alir penyusun penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini



IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Berikut ini merupakan proses dari simulasi dan pengujian kedua sayap baik yang menggunakan winglet dan tidak dengan variasi bentuk *AOA*. Setelah diasumsikan dengan berbagai parameter dan perumusan masalah yang sudah ditentukan maka diperoleh data-data pengujian. Analisis ini berfokus pada pengaruh *winglet* dan *angle of attack* terhadap gaya angkat dan gaya hambat yang terjadi pada sayap.

B. Pembahasan

Pengaturan yang diperlukan untuk melakukan simulasi sayap roket pada *software Ansys* adalah sebagai berikut :

c	Pengaturan	
Launcher	3D, Double Precision dan Display Mesh After Reading, Solver Processes-4	
General	Solver Type	Pressure-Based
	Time	Steady
	Velocity Formulation	Absolute
	3D Space	Planar
Model	Viscous Model	k-omega SST (2 equations)
Material	Fluid	Air (ρ) = 1,225 kg/m ³ (μ) = 1,1802x10 ⁻⁵ kg/m.s.
Boundary Condition	Inlet	Velocity-inlet (206 m/s)
	Outlet	Pressure-outlet (0 Pa gauge-pressure)
	Wall	Airfoil (No-slip condition)
Reference Value	Compute From	Inlet
	Reference Zone	Air
Report Definition	CL, CD, FL, FD	
Residual	Absolute criteria	1x10e-6
Solution Initialization	Standard	Compute from inlet
Calculation Activities	Autosave every (time step)	1
	Automatic report	CDAT for CFD-Post & EnSight
Total Iteration	1000	

Gambar 1. Pengaturan Awal Simulasi

TABEL 1
TABEL PERHITUNGAN MODEL SAYAP TANPA WINGLET.

AOA	Lift [N]	Drag[N]	L/D
1°	20708,566	1160,721	17,841
2°	52015,195	2845,7492	18,278
3°	68021,68	3532,494	19,256

TABEL 2
TABEL PERHITUNGAN MODEL SAYAP DENGAN WINGLET.

AOA	Lift Winglet [N]	Drag Winglet [N]	L/D Winglet
1°	46061,186	26830,882	1,71
2°	246198,14	29432,23	8,36
3°	435155,22	35088,704	12,40

Analisis pengaruh penambahan *blended winglet* pada pesawat boeing 737-400 terhadap aerodinamika pada sayap pesawat menggunakan metode ansys (Farhan Akbarinaldi)

TABEL 3
TABEL CL DAN CD MODEL SAYAP TANPA *WINGLET*.

AOA	CL	CD
1°	0,0783	0,0043
2°	0,0788	0,0043
3°	0,1031	0,0053

Tabel 4
Tabel CL dan CD model sayap dengan *winglet*.

AOA	CL	CD
1°	0,008	0,0046
2°	0,04307	0,0051
3°	0,0761	0,0061

Berdasarkan data yang didapat, dapat disimpulkan bahwa sayap Boeing 737-400 tanpa blended winglet menunjukkan efisiensi aerodinamis yang lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan winglet. Meskipun biasanya winglet dirancang untuk mengurangi induced drag dan memperbaiki karakteristik aliran sayap, dalam eksperimen kali ini rasio L/D sayap tanpa winglet jauh lebih besar — terutama pada sudut serang 1° hingga 3° — dibandingkan sayap dengan winglet. Hal ini menunjukkan bahwa dalam kondisi pengujian spesifik tersebut, kehadiran winglet tidak memberikan keuntungan aerodinamis yang diharapkan secara menyeluruh, bahkan bisa menurunkan efisiensi dibanding struktur sayap polos. Berdasarkan koefisien lift dan drag yang juga lebih baik pada sayap tanpa winglet, dapat disimpulkan bahwa untuk konfigurasi dan sudut serang yang diuji, meniadakan winglet memberikan performa terbaik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pengolahan data yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa penambahan *blended winglet* pada model sayap Boeing 737-400 meningkatkan *lift*, tetapi juga meningkatkan *drag*, semakin besar AOA maka semakin kecil jarak hasil *lift to drag ratio* antara sayap yang memakai *winglet* dan sayap yang tidak memakai *winglet* dan penambahan *blended winglet* menghasilkan drag yang jauh lebih tinggi dibanding pesawat tanpa *blended winglet*, sehingga menunjukkan penambahan *blended winglet* pada sayap ini tidak efektif dalam mengurangi drag yang terjadi. Rata rata drag yang terjadi pada sayap yang menggunakan *blended winglet* mencapai 500% lebih besar dibandingkan sayap yang tidak menggunakan *blended winglet*.

REFERENSI

- [1] Bent, R. D., & McKinley. (1980). *Wingtip devices for drag reduction*.
- [2] Hidayat, F. T., Rabeta, B., & Franciscus, F. (2016). Analisis pengaruh winglet pada sayap pesawat Cessna 172 menggunakan perangkat lunak XFLR5. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 13(1), 1–10
- [3] Anang. (2017). *Airfoil dan karakteristiknya dalam aplikasi aerodinamika*.
- [4] Rahmadani, R., & Nur, M. (2021). Analisa pengaruh variasi sudut dan luas penampang winglet terhadap sayap NACA airfoil 2412 pada pengujian low subsonic wind tunnel. *Jurnal Rekayasa Mesin*
- [5] Panjaitan, A. S. (2016). Studi numerik karakteristik aliran tiga dimensi sekitar airfoil Eppler 562 dengan penambahan forward wingtip fence variasi cant angle 90°, 85°, 80°.
- [6] Rabeta, B., Hidayat, F. T., & Franciscus, F. (2020). Analisis pengaruh winglet pada sayap pesawat Cessna 172 menggunakan perangkat lunak XFLR5. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan* 1