

# Desain dan Analisis Winglet pada Sayap Taper Pesawat UAV MALE menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamics*

Muhammad Abdul Ghofur<sup>1</sup>, Nur Priyanto Poupon<sup>2</sup>, Daffa Reyhans Fernando<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara  
E-mail: m\_abdulghofur@aa.u.ac.id ; nurpriyantopoupon@yahoo.com

**Abstrak** — Bagian ujung sayap menjadi fokus banyak penelitian untuk menurunkan gaya hambat dikarenakan terjadinya pusaran (*vortex*) diujung sayap (*wingtip*) yang menambah gaya hambat dan mengurangi gaya angkat (*lift*) yang dihasilkan. Komponen untuk mengurangi drag disebut *winglet* yang ditempatkan secara vertikal pada ujung sayap pesawat. *Winglet* berfungsi untuk mengurangi pusaran udara pada ujung sayap, meningkatkan efisiensi bahan bakar, menambah jarak tempuh pesawat terbang, dan menurunkan nilai *induced drag*. Dalam penelitian ini dilakukan upaya peningkatan karakteristik aerodinamika dan prestasi terbang pada *wing* pesawat terbang UAV MALE dengan penambahan *winglet*. Metode yang digunakan adalah simulasi *Finite Element* menggunakan *ANSYS Fluent* untuk desain pemodelan sayap yang berbeda-beda dengan kecepatan 97 m/s dan variasi sudut angle of attack 0°, 2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12° dan 14°. Pemodelan sayap dalam penelitian ini mencakup sayap tanpa *winglet*, sayap dengan *winglet taper ratio* 0.2, *taper ratio* 0.45, *taper ratio* 0.5, sudut cant 0°, sudut cant 30° dan sudut cant 60°. Hasil *CFD* menunjukkan bahwa model terbaik yang mampu meningkatkan karakteristik aerodinamik dan prestasi terbang adalah *winglet taper ratio* 0.2 dengan sudut cant sebesar 30°. *Winglet* dengan *taper ratio* 0.2 memiliki nilai *Coeffecient Lift* Maksimum yang lebih besar dibanding *taper ratio* 0.45 dan 0.5. *Winglet* dengan sudut cant sebesar 30° memiliki nilai *Coeffecient Lift* Maksimum yang lebih besar dibanding Cant 60°. Penambahan geometri *winglet* pada sayap UAV MALE secara umum dapat meningkatkan kinerja keseluruhan tergantung pada geometri *winglet* dan sudut serang, sehingga ini menunjukkan bahwa geometri dan sudut cant *winglet* mampu mempengaruhi karakteristik aerodinamika di setiap fase terbang dari mulai fase *take off*, *climb*, *cruise*, *descent* dan *landing*.

**Kata Kunci**— *Winglet*, *Taper Ratio*, Sudut Can't, *Vortex*, *CFD*, UAV MALE.

## I. PENDAHULUAN

Pengembangan *Pesawat Udara Nir Awak* (PUNA) atau *Drone*, tipe *Medium Altitude Long Endurance* (MALE) atau disebut PUNA MALE adalah hasil dari pengkajian dan penerapan teknologi di sektor industri pertahanan. Pesawat Tanpa Awak atau PUNA MALE ini merupakan hasil rancang bangun, rekayasa dan produksi anak bangsa Indonesia. Penelitian dan pengembangan teknologi pesawat sampai saat ini terus dilakukan secara kontinyu untuk meningkatkan prestasi pesawat terbang. Peningkatan prestasi terbang tersebut dengan menurunkan fuel consumption. Satu cara untuk mencapai tujuan ini dengan melakukan inovasi dimana targetnya adalah menurunkan gaya hambat (drag). Bagian ujung sayap menjadi fokus banyak penelitian untuk menurunkan gaya hambat dikarenakan terjadinya pusaran (vortex) diujung sayap (wingtip) yang menambah gaya hambat dan mengurangi gaya angkat (lift) yang dihasilkan [1]. Komponen untuk mengurangi drag disebut winglet yang ditempatkan secara vertikal pada ujung sayap pesawat. Winglet berfungsi untuk mengurangi pusaran udara pada ujung sayap, meningkatkan efisiensi bahan bakar, menambah jarak tempuh pesawat terbang, dan menurunkan nilai induced drag [1].

Ada sejumlah penelitian yang telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi aerodinamis dan prestasi pesawat dengan mengoptimalkan bentuk ujung sayap. Performa dari berbagai jenis winglet sangat tergantung pada berbagai kriteria dan spesifikasi, seperti kondisi pengoperasian, ketinggian, Angle of Attack, perbedaan tekanan, dan kecepatan udara. Elemen-elemen ini dapat memberikan kinerja terbaik yang menguntungkan ketika dioptimalkan, terutama untuk meningkatkan kinerja desain secara keseluruhan. Setiap jenis winglet yang berbeda memiliki fitur dan kelebihan. Semua ditujukan untuk meningkatkan gaya angkat, rasio L/D, prestasi take off/landing, stabilitas arah, jangkauan dan jelajah, peluruhan, drag

total, pemisahan udara, dan emisi mesin dan mengurangi turbulensi di belakang pesawat [2].

Penggunaan winglet yang benar akan meningkatkan prestasi wing. Penambahan geometri winglet ke NACA 4412 secara umum dapat meningkatkan kinerja keseluruhan tergantung pada geometri winglet dan sudut serang. Blended winglet adalah winglet terbaik untuk NACA 4412 karena memberikan lebih banyak gaya angkat dan stabilitas dibandingkan dengan jenis spiroid dan wingtip fence dengan peningkatan kinerja secara keseluruhan hingga 3,92% [3]. Pesawat dengan sudut Cant winglet  $45^\circ$  memiliki gaya angkat tertinggi dengan drag minimal [4]. Dengan mengatur sudut cant, kinerja aerodinamis dapat ditingkatkan pada kondisi penerbangan yang berbeda. Nilai sudut swept winglet yang besar memiliki dampak positif pada peningkatan kinerja aerodinamis. Peningkatan akibat sudut swept disebabkan oleh kombinasi pengurangan parasit drag, penurunan wave drag pada Mach Number yang tinggi, dan efek dari gaya angkat yang dihasilkan oleh wing [5]. Motivasi utama dalam penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bentuk winglet yang efisien, sehingga bertujuan untuk mencari ukuran winglet yang efisien dari setiap winglet dengan memvariasikan cant angle dan taper ratio. Melakukan pemodelan dengan desain winglet dari beberapa variasi tersebut yang dilanjutkan dengan analisis karakteristik aerodinamika dengan parameter berupa lift, drag, koefisien lift, koefisien drag dan stall. Dimensi geometri sayap yang digunakan dalam penelitian ini adalah sayap pesawat UAV MALE CH4 Rainbow [9] dengan jenis Airfoil LRN1015, sehingga bisa diaplikasikan modifikasi dari winglet ini ke pesawat UAV MALE CH-4 dalam upaya peningkatan prestasi terbang.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Literatur Review

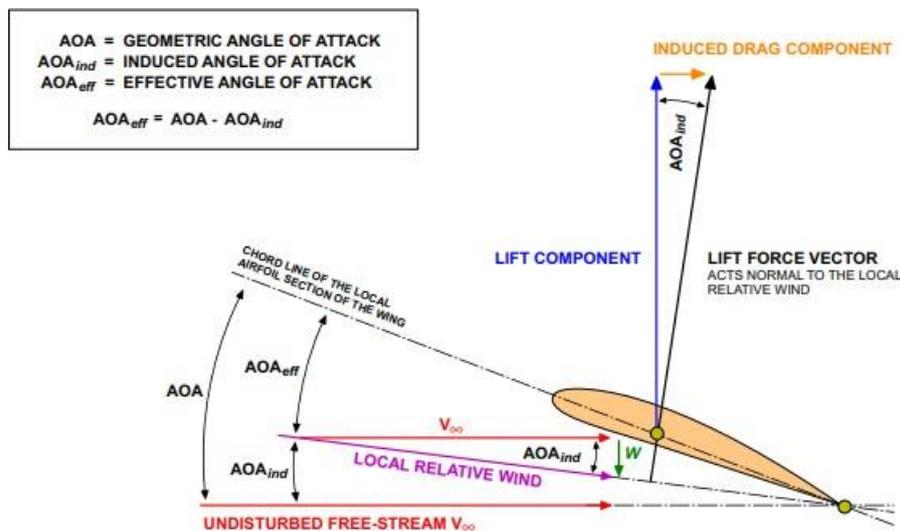
Samuel Merryisha, Parvathy Rajendran, Review of Winglets on Tip Vortex, Drag and Airfoil Geometry, Performa dari berbagai jenis winglet sangat tergantung pada berbagai kriteria dan spesifikasi, seperti kondisi pengoperasian, ketinggian, AOA, perbedaan tekanan, ketinggian bahan bakar, dan kecepatan udara. Elemen-elemen ini dapat memberikan kinerja terbaik yang menguntungkan ketika dioptimalkan, terutama untuk meningkatkan kinerja desain secara keseluruhan. Setiap jenis winglet yang berbeda memiliki fitur dan kelebihan. Semua ditujukan untuk meningkatkan gaya angkat, rasio L/D, prestasi take off/landing, stabilitas arah, jangkauan dan jelajah, peluruhan, drag total, pemisahan udara, dan emisi mesin dan mengurangi turbulensi di belakang pesawat [2]. Muhammad Agung Bramantya, Nicholas Christian, Gesang Nugroho, Airfoil Performance Due To Winglet Configuration On NACA 4412, Penggunaan winglet yang benar akan meningkatkan prestasi wing. Penambahan geometri winglet ke NACA 4412 secara umum dapat meningkatkan kinerja keseluruhan tergantung pada geometri winglet dan sudut serang. Blended winglet adalah winglet terbaik untuk NACA 4412 karena memberikan lebih banyak gaya angkat dan stabilitas dibandingkan dengan jenis spiroid dan wingtip fence dengan peningkatan kinerja secara keseluruhan hingga 3,92% [3]. Abdul Qader Hasan dkk, Aerodynamics Analysis on Wings with Winglets and Vortex Generators, Disimpulkan bahwa pesawat dengan winglet 45° memiliki gaya angkat tertinggi dengan drag minimal dan winglet 45° dimodifikasi lebih lanjut dengan generator pusaran persegi panjang dan segitiga untuk lebih meningkatkan efisiensi aerodinamisnya untuk berbagai Sudut Serangan (AOA) [4].

J. E. Guerrero . M. Sanguineti . K. Wittkowski, melakukan penelitian Variable Cant Angle Winglets For Improvement Of Aircraft Flight Performance, Hasil yang didapat menunjukkan bahwa dengan menyesuaikan sudut cant, kinerja aerodinamis dapat ditingkatkan pada kondisi penerbangan yang berbeda. Nilai sudut swept winglet yang besar memiliki dampak positif pada peningkatan kinerja aerodinamis. Peningkatan akibat sudut swept terutama disebabkan oleh kombinasi pengurangan parasit drag, penurunan wave drag pada Mach Number yang tinggi, dan efek dari gaya angkat yang dihasilkan oleh wing [5]. Alka Sawale, MD Khaleel, S. Jaswanth. 2017 dalam penelitiannya terkait Design and Analysis of Winglet dihasilkan bahwa Winglet merupakan komponen penting dari sebuah pesawat terbang karena mampu menurunkan drag dan meningkatkan efisiensi bahan bakar dengan mengurangi pusaran ada ujung sayap (wing tip vortices). Konfigurasi sayap dengan winglet memiliki induced drag yang lebih kecil dibandingkan dengan sayap tanpa winglet. Winglet memainkan peran yang sangat penting dalam meningkatkan performa pesawat. Induced drag berkurang 10 hingga 15 persen dan adanya peningkatan L/D [7]. Muhammad Ervin Adamy, Muhammad Abdul Ghofur melakukan penelitian Optimasi Desain Dan Analisis Kekuatan Struktur Sayap Komposit Dengan Variasi Material, Thickness, Arah Serat Dan Kondisi Batas Menggunakan MSC Patran Nastran (Studi Kasus Pesawat UAV CH-4). Pada penelitian tersebut, beban yang dihitung hanyalah beban akibat gaya angkat sedangkan gaya hambat dan momen aerodinamika diabaikan. Estimasi beban yang diterima oleh sayap utuh dapat dihitung menjadi:  $Lift = MTOW \times g \times Load\ factor$ .  $Lift = 1260\ Kg \times 9.8\ m/s^2 \times 3 = 37044\ N$ . Dengan demikian, maka satu sayap akan mendapat gaya sebesar  $37044/2 = 18522\ N$  [8].

## B. Airfoil

Pada airfoil yang dialiri aliran udara dapat dianggap sebagai sebuah Venturi Tube yang mempunyai dinding diatas cekung dibawahnya datar. Sehingga di atas airfoil akan terdapat aliran udara yang lebih cepat dengan tekanan statisnya rendah dan dibawah airfoil tekanan udara statisnya lebih besar, perbedaan distribusi tekanan yang berpengaruh terhadap luas (S) inilah

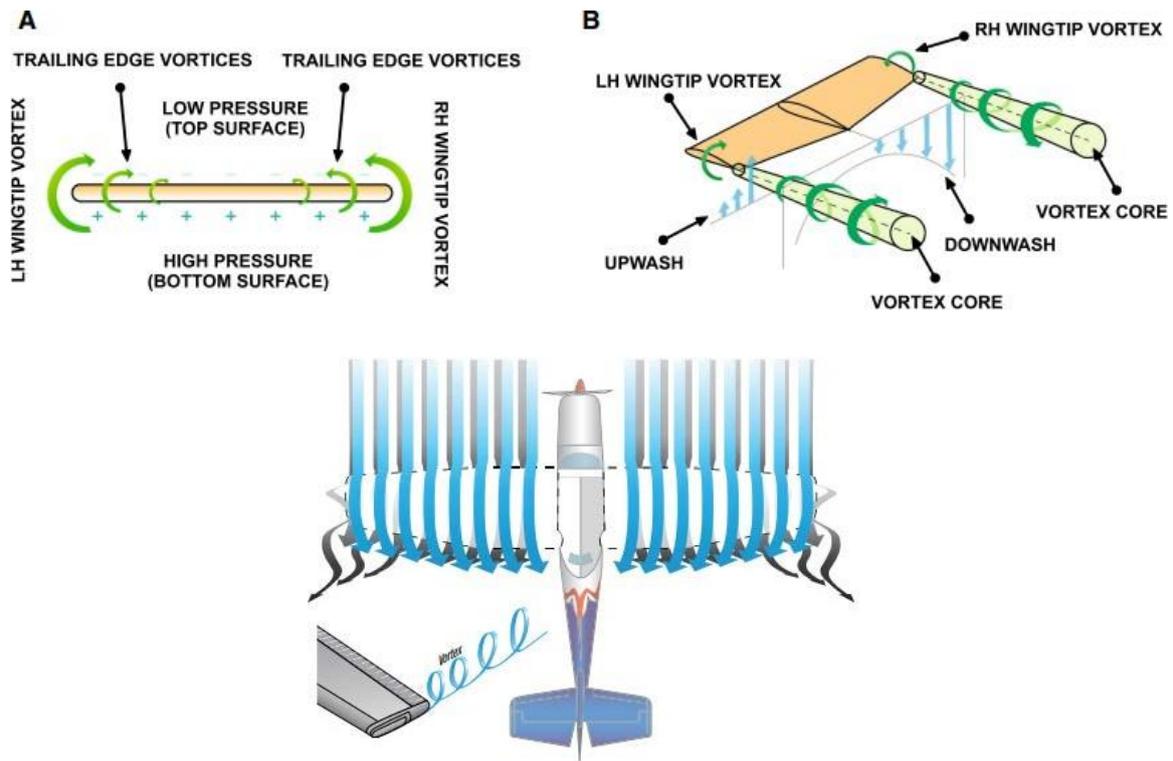
yang menyebabkan terjadinya gaya ke atas (Aerodynamic Force) atau disebut pula dengan sebutan Total Reaction. Gaya ini bisa diuraikan menjadi dua komponen dimana yang satu tegak lurus dengan arah aliran udara (relative wind) yang disebut Gaya Angkat (lift) dan yang sejajar dengan aliran udara disebut Gaya Hambat (drag).



Gambar 1 Gambar Angle of attack yang dibentuk antara chord line dengan free stream [5]

Winglet merupakan sayap kecil yang dipasang pada ujung sayap (wingtip) pesawat terbang. Winglet digunakan untuk mengurangi pusaran udara pada ujung sayap. Winglet berfungsi untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar, menambah jarak tempuh pesawat terbang, dan menurunkan nilai induced drag. 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 dapat menghemat bahan bakar hingga 7%, jumlah yang cukup besar untuk pesawat yang melakukan perjalanan jarak jauh.



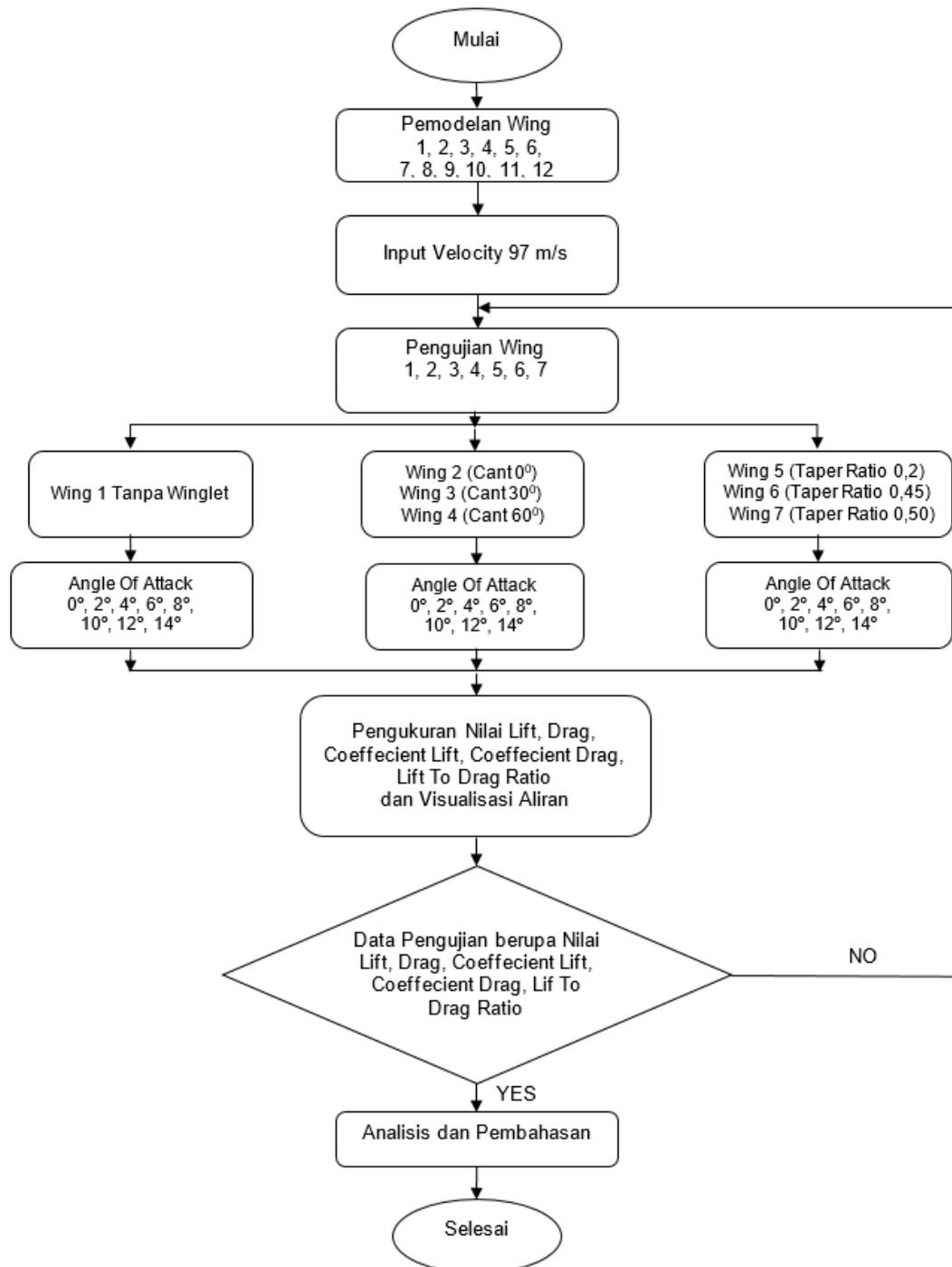
Gambar 2 ilustrasi vortex yang terjadi pada bagian ujung sayap [5]

### III. MODEL YANG DIUSULKAN

#### A. Arsitektur Model Secara Umum

Model yang diusulkan dalam penelitian ini dirancang dan analisis sebuah sayap menggunakan metode Computational Fluid Dynamics dimana software yang digunakan adalah software ANSYS. Pemodelan yang akan dibuat adalah sayap pesawat UAV CH-4 dimana panjang chord root 1.86 meter dan panjang chord tip 0.73 meter. Panjang separuh sayapnya adalah 9 m. Database untuk airfoil drone itu sendiri adalah LRN

1015. Variasi Cant Angle dari Winglet dibuat 3 permodelan wing dengan 3 variasi sudut Cant yang berbeda, yaitu sudut 00 untuk spesimen pertama, 300 untuk spesimen kedua dan 600 untuk spesimen ketiga. Variasi Taper ratio Winglet dibuat 3 permodelan wing dengan 3 variasi taper ratio yang berbeda, yaitu  $\lambda = 0,2$  pada spesimen yang pertama,  $\lambda = 0,45$  pada spesimen yang kedua, dan  $\lambda = 0,50$  pada spesimen yang ketiga.



Gambar 3 Diagram Alir

Pemodelan atau desain sayap dimulai dari import koordinat airfoil sampai dengan jadi 10 pemodelan sayap, yaitu sayap tanpa winglet, sayap winglet taper 0.2 dengan sudut cant 0°, sayap winglet taper 0.2 dengan sudut cant 30°, sayap winglet taper 0.2 dengan sudut cant 60°, sayap winglet taper 0.45 dengan

sudut cant 0°, sayap winglet taper 0.45 dengan sudut cant 30°, sayap winglet taper 0.45 dengan sudut cant 60°, sayap winglet taper 0.5 dengan sudut cant 0°, sayap winglet taper 0.5 dengan sudut cant 30°, sayap winglet taper 0.5 dengan sudut cant 60°

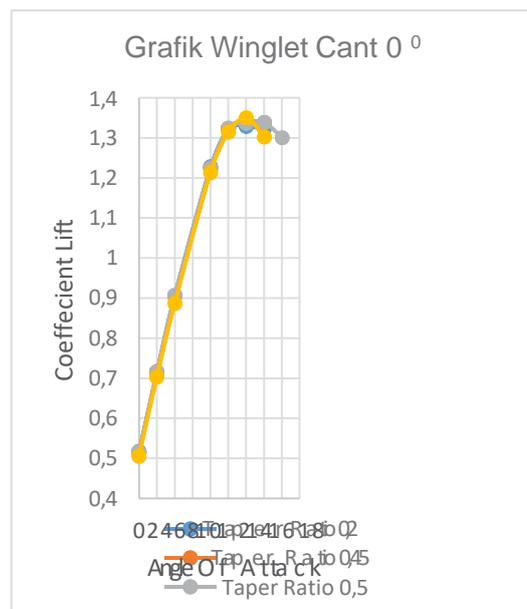
#### IV. IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil dan analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi sudut Cant winglet 0°, seperti pada tabel 1 diperoleh bahwa pada sudut cant 0° dengan taper ratio 0,2 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift terbaik pada sudut angle of attack 0° dan 8°. Pada sudut cant 0° dengan taper ratio 0,45 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient

lift terbaik pada sudut angle of attack 2° dan 12°. Pada sudut cant 0° dengan taper ratio 0,5 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift terbaik pada sudut angle of attack 2° dan 12°. Sayap tanpa winglet jika penggunaan pada sudut 0 sd 10 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet.

**Tabel 1** Analisis perbandingan nilai Cl pada sudut Cant Winglet 0°

No	AoA	Cl pada Sayap Winglet Cant 0 °			Tanpa Winglet
		Taper Ratio 0,2	Taper Ratio 0,45	Taper Ratio 0,5	
1	0	0,51796854	0,514477	0,51586553	0,50500308
2	2	0,71211049	0,71683376	0,71481316	0,70202380
3	4	0,90604733	0,90434951	0,906353	0,88532928
4	8	1,2269123	1,2235791	1,2233463	1,21181140
5	10	1,3224767	1,3224372	1,3227801	1,31311280
6	12	1,3271376	1,3401009	1,3353965	1,34875520
7	14	1,3222683	1,3367392	1,3376869	1,30057310
8	16			1,2992539	



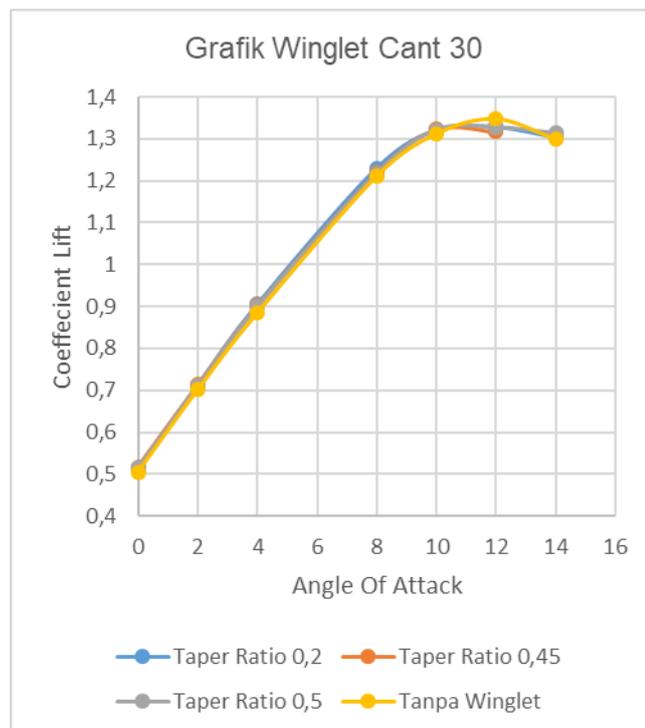
Gambar 4 grafik winglet dengan sudut Cant 0°

b. Analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi sudut Cant winglet 30°, seperti pada tabel 2 diperoleh bahwa pada sudut cant 30° dengan taper ratio 0,2 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift terbaik pada sudut angle of attack 4° , 8° dan 12° . Pada sudut cant 30° dengan taper ratio 0,45 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift

terbaik pada sudut angle of attack 0°, 2° dan 10°. Pada sudut cant 30° dengan taper ratio 0,5 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift paling minim disetiap sudut angle of attack. Sayap tanpa winglet jika penggunaan pada sudut 0 sd 10 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet sudut cant 30° diberbagai variasi taper ratio.

**Tabel 2** Analisis perbandingan nilai Cl pada sudut Cant Winglet 30 °

No	AoA	Cl pada Sayap Winglet Cant 30 °			Tanpa Winglet
		Taper Ratio 0,2	Taper Ratio 0,45	Taper Ratio 0,5	
1	0	0,51382921	0,51749844	0,51497114	0,50500308
2	2	0,71225734	0,71329408	0,71078223	0,70202380
3	4	0,90546796	0,90178715	0,89949149	0,88532928
4	8	1,2308444	1,2216039	1,2176377	1,21181140
5	10	1,3222725	1,3231351	1,321492	1,31311280
6	12	1,3291989	1,3163377	1,3275945	1,34875520
7	14	1,304592		1,3135255	1,30057310



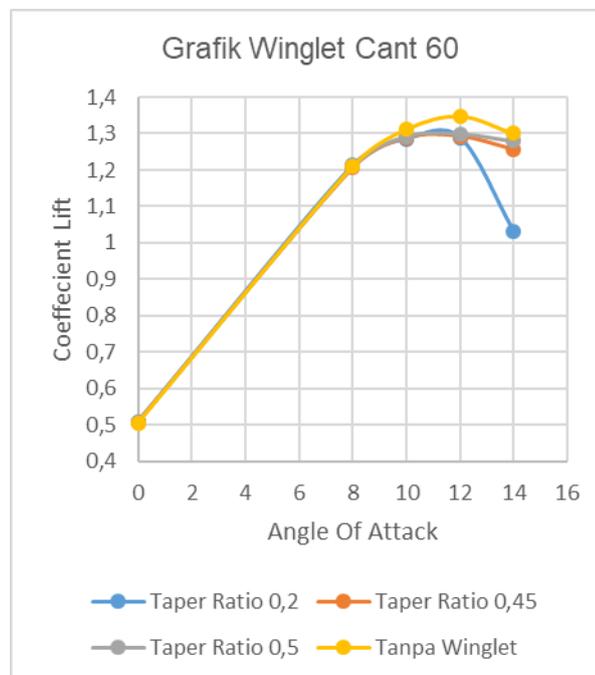
Gambar 5 grafik winglet dengan sudut Cant 30 °

c. Analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi sudut Cant winglet 60°, seperti pada tabel 3 diperoleh bahwa pada sudut cant 60° dengan taper ratio 0,2 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift terbaik pada sudut angle of attack 0° dan 8° . Pada sudut cant 60° dengan taper ratio 0,45 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift

minim disetiap sudut angle of attack. Pada sudut cant 60° dengan taper ratio 0,5 jika dibandingkan dengan variasi winglet yang lain diperoleh nilai coefficient lift terbaik di sudut angle of attack 12° . Sayap tanpa winglet jika penggunaan pada sudut 0 sd 8 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet sudut cant 60° diberbagai variasi taper ratio.

**Tabel 3** Analisis perbandingan nilai Cl pada sudut Cant Winglet 60 °

No	AoA	Cl pada Sayap Winglet Cant 60 °			Tanpa Winglet
		Taper Ratio 0,2	Taper Ratio 0,45	Taper Ratio 0,5	
1	0	0,50945295	0,50841434	0,50942316	0,50500308
2	8	1,2128279	1,2059141	1,2092146	1,21181140
3	10	1,2847756	1,2880066	1,2929681	1,31311280
4	12	1,288150558	1,2925955	1,2996898	1,34875520
5	14	1,030520447	1,2554738	1,2795837	1,30057310



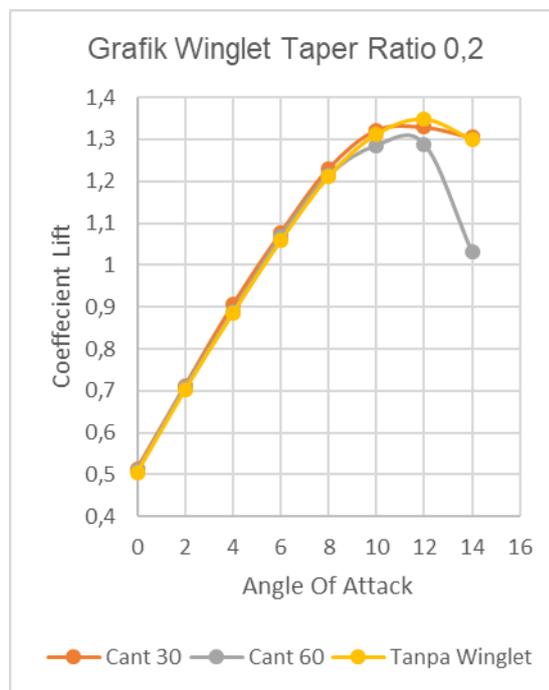
Gambar 6 grafik winglet dengan sudut Cant 60 °

d. Analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi taper ratio 0,2, seperti pada tabel 4 diperoleh bahwa pada taper ratio 0,2 dengan sudut cant 30° memiliki karakteristik aerodinamika terbaik jika dibandingkan dengan sudut cant 60°. Sayap tanpa winglet jika

penggunaan pada sudut 0 sd 10 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet dengan taper ratio 0,2 dengan variasi Cant 30° dan 60°.

**Tabel 4** Analisis perbandingan nilai Cl pada taper ratio 0,2

No	AoA	Taper Ratio 0,2		Tanpa Winglet
		Cant 30 °	Cant 60 °	
1	0	0,51382921	0,50945295	0,50500308
2	2	0,71225734	0,70996728	0,70202380
3	4	0,90546796	0,88793116	0,88532928
4	6	1,0771843	1,0677636	1,05855960
5	8	1,2308444	1,2128279	1,21181140
6	10	1,3222725	1,2847756	1,31311280
7	12	1,3291989	1,288150558	1,34875520
8	14	1,304592	1,030520447	1,30057310



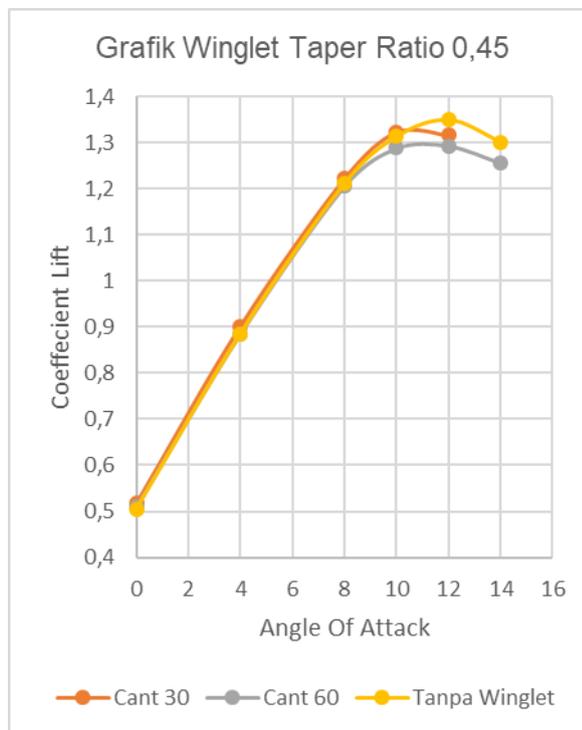
Gambar 7 grafik winglet dengan taper ratio 0,2

e. Analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi taper ratio 0,45, seperti pada tabel 5 diperoleh bahwa pada taper ratio 0,45 dengan sudut cant 30° memiliki karakteristik aerodinamika terbaik jika dibandingkan dengan sudut cant 60°. Namun sudut stall pada sayap dengan taper ratio 0,45 dengan cant

60 terjadi pada sudut 14° . Sayap tanpa winglet jika penggunaan pada sudut 0 sd 10 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet dengan taper ratio 0,45 dengan variasi Cant 30° dan 60°.

**Tabel 5** Analisis perbandingan nilai Cl pada taper ratio 0,45

No	AoA	Taper Ratio 0,45		Tanpa Winglet
		Cant 30 °	Cant 60 °	
1	0	0,51749844	0,50841434	0,50500308
3	4	0,90178715	0,88466349	0,88532928
5	8	1,2216039	1,2059141	1,21181140
6	10	1,3231351	1,2880066	1,31311280
7	12	1,3163377	1,2925955	1,34875520
8	14		1,2554738	1,30057310



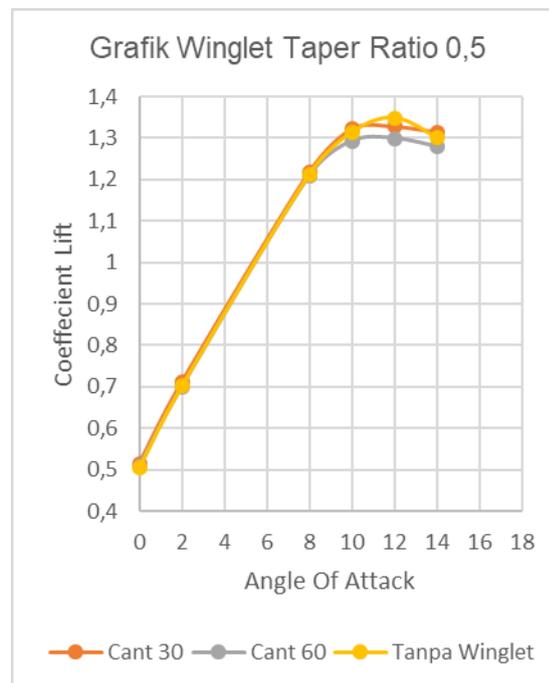
Gambar 8 grafik winglet dengan taper ratio 0,45

f. Analisis karakteristik Aerodinamik dari wing dengan variasi taper ratio 0,5, seperti pada tabel 6 diperoleh bahwa pada taper ratio 0,5 dengan sudut cant 30° memiliki karakteristik aerodinamika terbaik jika dibandingkan dengan sudut

cant 60°. Sayap tanpa winglet jika penggunaan pada sudut 0 sd 10 memiliki nilai coefficient lift yang paling minim jika dibandingkan dengan sayap yang menggunakan winglet dengan taper ratio 0,5 dengan variasi Cant 30° dan 60°.

**Tabel 5** Analisis perbandingan nilai Cl pada taper ratio 0,5

No	AoA	Taper Ratio 0,5		Tanpa Winglet
		Cant 30 °	Cant 60 °	
1	0	0,51497114	0,50942316	0,50500308
2	2	0,71078223	0,70032008	0,70202380
3	8	1,2176377	1,2092146	1,21181140
4	10	1,321492	1,2929681	1,31311280
5	12	1,3275945	1,2996898	1,34875520
6	14	1,3135255	1,2795837	1,30057310

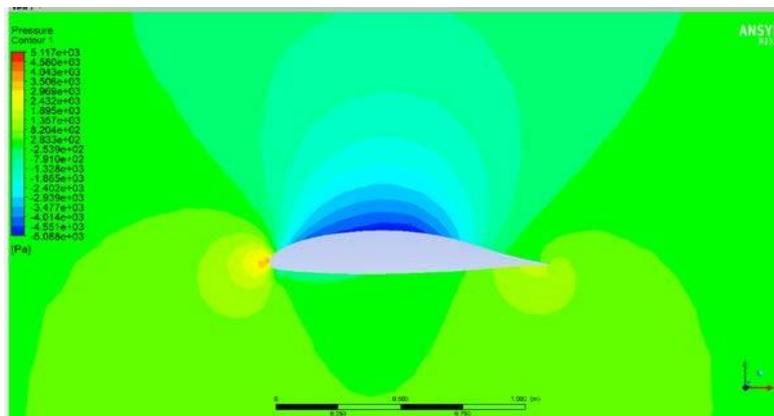


Gambar 9 grafik winglet dengan taper ratio 0,5

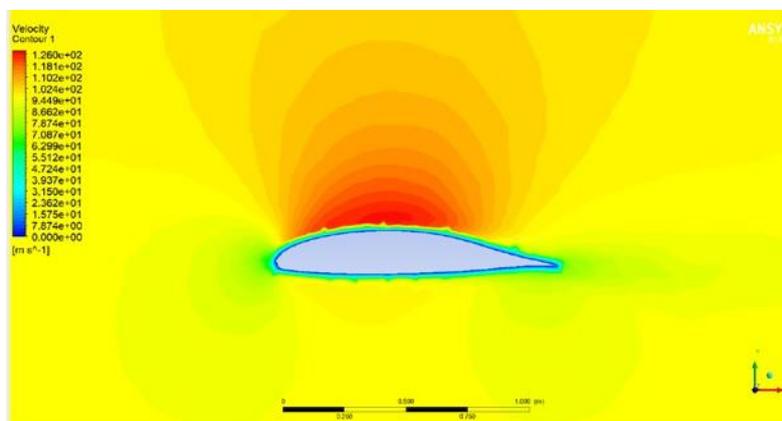
Sayap yang diberi winglet memiliki karakteristik aerodinamik lebih baik dan mampu meningkatkan prestasi pesawat terbang dibanding dengan sayap yang tanpa winglet. Koefesien lift yang dihasilkan lebih besar dan coefficient drag yang dihasilkan lebih kecil pada sudut angle of attack  $0^\circ$  sd  $10^\circ$ . Sayap yang diberi winglet dengan taper ratio 0.2 , 0.45 dan 0.5 pada sudut cant 30 memiliki karakteristik aerodinamik lebih baik dibanding dengan sayap dengan sudut cant 60 dan sayap tanpa winglet. Koefesien lift yang dihasilkan lebih besar dan coefficient drag yang dihasilkan lebih kecil pada sudut angle of attack  $0^\circ$  sd  $10^\circ$ . Sayap yang diberi winglet dengan sudut cant  $0^\circ$  pada taper ratio 0,5 memiliki karakteristik aerodinamik lebih baik dibanding dengan sayap dengan taper ratio 0.2, 0.45 dan sayap tanpa winglet. Hal ini bisa dilihat dari terjadinya stall untuk

taper ratio 0.5 terjadi pada angle of attack  $16^\circ$ . Sayap yang diberi winglet dengan sudut cant  $30^\circ$  pada taper ratio 0,45 memiliki karakteristik aerodinamik paling minim dibanding dengan sayap dengan taper ratio 0.2, 0.5 dan sayap tanpa winglet. Hal ini bisa dilihat dari terjadinya stall untuk taper ratio 0.45 terjadi pada angle of attack  $12^\circ$ . Penambahan geometri winglet pada sayap UAV MALE secara umum dapat meningkatkan kinerja keseluruhan tergantung pada geometri winglet dan sudut serang, sehingga ini menunjukkan bahwa geometri dan sudut cant winglet ini mampu mempengaruhi karakteristik aerodinamika di setiap fase terbang dari mulai fase take off, climb, cruise, descent dan landing.

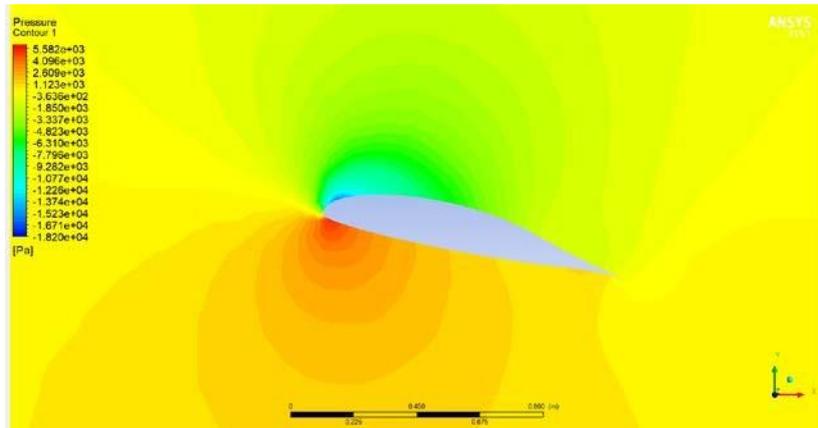
Visualisasi distribusi pressure dan velocity dari hasil pengujian karakteristik aerodinamika wing taper UAV MALE dengan winglet taper ratio 0.2 dengan sudut cant  $30^\circ$  ditampilkan pada gambar dari 10 sampai dengan 15.



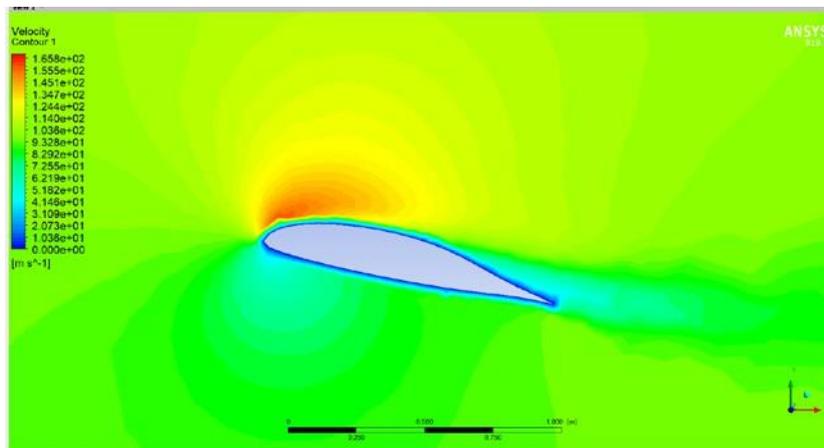
Gambar 10 Distribusi Pressure pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle  $30^\circ$ ,  $\alpha 0^\circ$



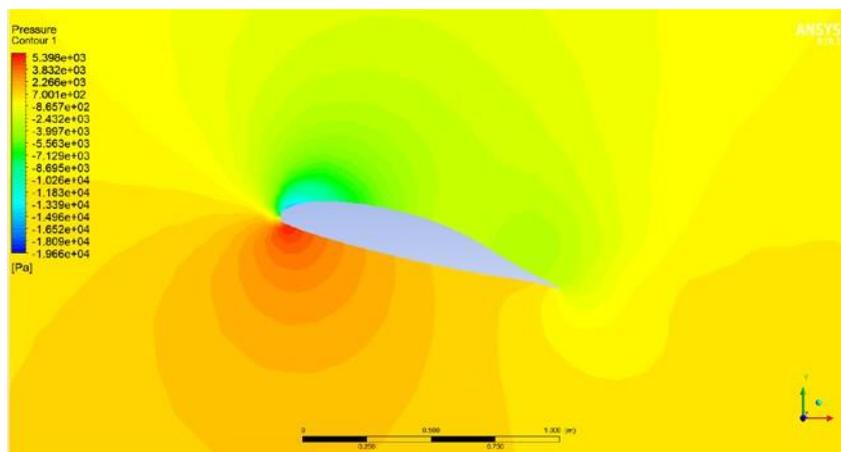
Gambar 11 Distribusi Velocity pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle  $30^\circ$ ,  $\alpha 0^\circ$



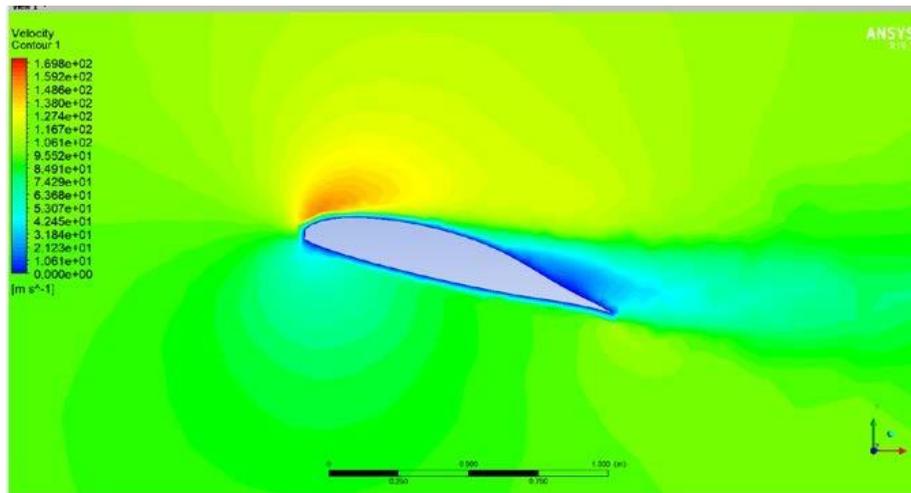
Gambar 12 Distribusi Pressure pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle 30°,  $\alpha$  12° (Cl Max)



Gambar 13 Distribusi Velocity pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle 30°,  $\alpha$  12° (Cl Max)



Gambar 14 Distribusi Pressure pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle 30°,  $\alpha$  14° (Stall)



Gambar 15 Distribusi Velocity pada Wing dengan Winglet Taper 0.2, Cant Angle  $30^{\circ}$ ,  $\alpha$   $14^{\circ}$  (Stall)

## V. KESIMPULAN

Penambahan geometri winglet pada sayap UAV MALE secara umum dapat meningkatkan kinerja keseluruhan tergantung pada geometri winglet dan sudut serang, sehingga ini menunjukkan bahwa geometri dan sudut cant winglet mampu mempengaruhi karakteristik aerodinamika di setiap fase terbang dari mulai fase take off, climb, cruise, descent dan landing. Hasil CFD menunjukkan bahwa model terbaik yang mampu meningkatkan karakteristik aerodinamik dan prestasi terbang adalah winglet taper ratio 0.2 dengan sudut cant sebesar  $30^{\circ}$ . Winglet dengan taper ratio 0.2 memiliki nilai Coefficient Lift Maksimum yang lebih besar dibanding taper ratio 0.45 dan 0.5. Winglet dengan sudut cant sebesar  $30^{\circ}$  memiliki nilai Coefficient Lift Maksimum yang lebih besar dibanding Cant  $60^{\circ}$ . Visualisasi distribusi pressure dan velocity

yang terlihat sudah sesuai dengan teori bernoullidimanapressureudara dipermukaan bawah sayap lebih besar dibanding diatas sayap, dan kecepatan aliran udara diatas sayap lebih besar dibanding dibawah sayap. Kemudian dalam visualisasi antara sayap tanpa winglet dan dengan winglet di sudut angle of attack  $2^{\circ}$ , disaat ini pula terjadinya Lift Drag Ratio paling maksimum, terlihat bahwa terjadi peningkatan distribusi pressure dan velocity pada sayap dengan winglet dibanding sayap tanpa winglet. Penelitian lanjutan berupa pengembangan variasi untuk mengetahui performa terbaik dari winglet yang telah dilakukan sebelumnya, dengan memvariasikan span, sudut twist dan sudut sweep pada winglet pesawat UAV MALE.

## REFERENSI

- [1]. John D. Anderson, Jr., Fundamentals of Aerodinamics, Mc Graw Hill Fouth Edition, New York, 2007.
- [2] Samuel Merryisha, Parvathy Rajendran, Review of Winglets on Tip Vortex, Drag and Airfoil Geometry, Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences, ISSN: 2289-7879.
- [3] Muhammad Agung Bramantya, Nicholas Christian, Gesang Nugroho, Airfoil Performance Due To Winglet Configuration On NACA 4412, International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 9, ISSUE 10, October 2020, ISSN 2277-8616.
- [4] Abdul Qader Hasan etal, Aerodynamics Analysis on Wings with Winglets and Vortex Generators, Wseas Transactions On Fluid Mechanics , DOI: 10.37394/232013.2020.15.19
- [5] J. E. Guerrero . M. Sanguineti . K. Wittkowski, Variable Cant Angle Winglets For Improvement Of Aircraft Flight Performance, Meccanica (2020) 55:1917-1947, <https://doi.org/10.1007/s11012-020-01230-1>.
- [6] Kimay Gore, Abhijeet Gote dkk, Aerodynamic Analysis of Aircraft Wings Using CFD, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 05 Issue: 06 | June -2018.
- [7] Shamil PC, Mohammed Sanjid, Performance Analysis Of Winglet Using CFD, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056, p-ISSN: 2395-0072, Volume: 05 Issue: 04 | Apr-2018.
- [8] Alka Sawale, MD Khaleel, S. Jaswanth. Design and Analysis of Winglet, International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), Volume 8, Issue 5, May 2017, pp.842-850.
- [9] Muhammad Ervin Adamy, Muhammad Abdul Ghofur, Optimasi Desain Dan Analisis Kekuatan Struktur Sayap Komposit Dengan Variasi Material, Thickness, Arah Serat Dan Kondisi Batas Menggunakan MSC Patran Nastran (Studi Kasus Pesawat UAV CH-4), Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Kedirgantaraan, SENATIK 2020, Vol. VI, ISBN 978-602-52742-1-3.
- [10] Introduction to Ansys CFD Release 18.0
- [11] R. Austin, Unmanned Air Vehicles UAV Design, Development, and Deployment, Wiley, Chichester, West Sussex, UK, Hoboken, NJ, 2010.
- [12] [https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft\\_id=1843](https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=1843) akses 21 Juni 2021 pukul 07.55 WIB