



Analisis Pengaruh *Canard* Terhadap Sayap *Tapered Wing* Dengan Metode CFD Menggunakan Ansys 2023 R2

***(Analysis of Canard Effect on Tapered Wing with CFD Method
Using Ansys 2023 R2)***

Richard Fausta Benedict Buulolo¹, Linggar Widayatmo²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara
E-mail: keduarichard@gmail.com, lw2844@gmail.com

Abstract— *This study examines the effect of adding a canard to the KT-1B Wong Bee aircraft, specifically on the Tapered Wing model with NACA 63-218 airfoil. Canard, a small wing in front of the main wing, is added to improve the aerodynamic performance of the aircraft. This study uses numerical methods and Ansys 2023 R2 software to conduct Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis, with the aim of understanding the impact of the canard addition on the aerodynamic characteristics of the aircraft. The study involved testing aircraft with and without Canard, with Canard distance from the main wing (1 m), fluid velocity (400, 500, and 600 km/h), and angle of attack (15°, 25°, and 35°). The dependent variables include Lift Coefficient (CL), Drag Coefficient (CD), and Lift/Drag Ratio (L/D). The analysis showed that the addition of the canard significantly increased the CL value, with an increase between 22.02% to 56.99% at various angles of attack. In addition, the CD values decreased, especially at larger angles of attack, with decreases ranging from 1.75% to 47.44%. The L/D Ratio analysis showed higher values on the aircraft with the Canard, that increase in aerodynamic efficiency. These findings indicate that the addition of the Canard can improve the aerodynamic performance of the KT-1B Wong Bee aircraft.*

Keywords— *Canard, Aerodynamics, Tapered Wing, ANSYS, Computational Fluid Dynamics.*

Abstrak— *Penelitian ini mengkaji pengaruh penambahan Canard pada pesawat KT-1B Wong Bee, khususnya pada sayap Tapered Wing dengan airfoil NACA 63-218. Canard, sayap kecil di depan sayap utama, ditambahkan untuk meningkatkan performa aerodinamika pesawat. Penelitian ini menggunakan metode numerik dan software Ansys 2023 R2 untuk melakukan analisis Computational Fluid Dynamics (CFD), dengan tujuan memahami dampak penambahan Canard terhadap karakter aerodinamika pesawat. Penelitian melibatkan pengujian pesawat dengan dan tanpa Canard, dengan jarak Canard dari sayap utama (1 m), kecepatan fluida (400, 500, dan 600 km/jam), dan sudut serang (15°, 25°, dan 35°). Variabel terikat meliputi Coefficient Lift (CL), Coefficient Drag (CD), dan Lift/Drag Ratio (L/D). Hasil analisis menunjukkan penambahan Canard secara signifikan meningkatkan nilai CL, dengan peningkatan antara 22,02% hingga 56,99% pada berbagai sudut serang. Selain itu, nilai CD menurun, terutama pada sudut serang yang lebih besar, dengan penurunan antara 1,75% hingga 47,44%. Analisis L/D Ratio menunjukkan nilai yang lebih tinggi pada pesawat dengan Canard, yang meningkatkan efisiensi aerodinamika. Temuan ini mengindikasikan bahwa penambahan Canard dapat memperbaiki performa aerodinamika pesawat KT-1B Wong Bee.*

Kata Kunci— *Canard, Aerodinamika, Tapered Wing, ANSYS, Computational Fluid Dynamics.*

I. PENDAHULUAN

Pesawat terbang adalah pesawat udara yang memiliki berat lebih dari berat udara, bersayap tetap, dan dapat terbang menggunakan tenaga sendiri[1]. Pesawat dapat terbang karena memanfaatkan media udara sebagai media pembangkit gaya angkat. Pesawat memiliki sayap berpenampang melintang berbentuk *airfoil*. Bentuk *airfoil* mampu menciptakan perbedaan tekanan antara permukaan atas dengan permukaan bawah sayap[2]. *Canard* adalah sayap yang berada di depan sayap utama, berbentuk lebih kecil dan berfungsi untuk meningkatkan kendali dan meningkatkan kinerja aerodinamis. Penambahan *Canard* pada pesawat dapat meningkatkan nilai gaya angkat (*Lift*) tanpa harus menambah luasan sayap[3].

Dari penelitian, Aryananta mengatakan bahwa semakin besar sudut serang (*Angle Of Attack*) maka semakin besar koefisien lift yang didapat[4]. Peningkatan *AoA*, yang menghasilkan perbedaan tekanan yang lebih tinggi, mengindikasikan bahwa masih ada peningkatan koefisien angkat pada kondisi ini. Setelah kondisi *AoA* dengan nilai CL maksimum, besarnya CL akan menurun seiring dengan meningkatnya *AoA*. Dalam penelitiannya, pada konfigurasi sudut defleksi canard $\delta = 40^\circ$ dengan *AoA* 60° , masih dapat dideteksi adanya perbedaan tekanan pada lokasi sayap belakang sehingga pada konfigurasi ini masih memungkinkan untuk mempertahankan adanya gaya angkat pada gerak manuver *AoA* 60° [5].

Penelitian ini dilakukan menggunakan Software *Ansys 2023 R2* karena diharapkan mampu memberikan hasil penelitian yang lebih akurat dan memberikan data-data yang lebih lengkap. *Ansys* merupakan program paket yang dapat memodelkan elemen hingga untuk menyelesaikan masalah yang berhubungan dengan mekanika, termasuk di dalamnya masalah statik, dinamik, analisis struktural (baik linier maupun non linier), perpindahan panas, fluida dan akustik serta elektromagnetik [6].

II. LANDASAN TEORI

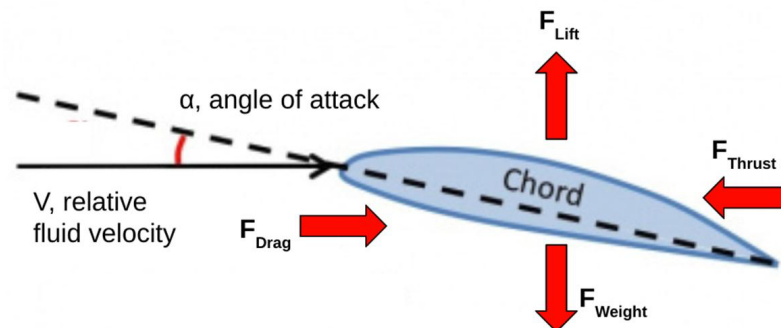
Canard merupakan salah satu bagian yang sering dijumpai pada pesawat tempur (Firdaus, 2018). Penggunaan *canard* sangat penting dalam menunjang kemampuan manuver maupun kelincahan pesawat. Meningkatnya kelincahan membuat pesawat memiliki kemampuan menghindari yang semakin baik sehingga sulit bagi lawan untuk melumpuhkan pesawat tersebut. Penelitian manfaat penggunaan *canard* dilakukan dengan menguji kinerja dan visualisasi aliran pada dua buah model pesawat tempur mirip Chengdu J-10 yang terdiri dari pesawat ber-*canard* dan tanpa *canard* di dalam *water tunnel*. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *canard* berpengaruh terhadap gaya angkat (*lift*), gaya hambat (*drag*), dan pola aliran di sekitar sayap. Penggunaan *canard* dapat meningkatkan gaya angkat (*lift*) pada pesawat dan berfungsi menunda *stall* (*stall delay*) dengan mengembalikan aliran di atas sayap yang seharusnya sudah mengalami turbulensi kembali menjadi *laminar*. Sehingga pesawat dapat bermanuver hingga sudut serang lebih tinggi tanpa mengalami *stall*.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan *canard* dapat mempengaruhi nilai *lift* dan *drag* yang diterima oleh pesawat (Rofiq, 2017). Selain mempengaruhi *lift* dan *drag*, penggunaan *canard* juga dapat mempengaruhi pola aliran yang terbentuk di sekitar main wing.

Beberapa keuntungan dari konfigurasi permukaan pengangkat *canard* pada pesawat terbang terkait dengan tingkat pitching yang tinggi yang dapat diberikan dalam sikap tertentu (Octavio, 2018). Hal ini memberikan karakteristik *stall* yang baik pada pesawat. Ketika *flap* sayap tidak diinginkan untuk kesederhanaan konstruksi ringan, CL max *canard* dapat melebihi yang disediakan oleh pesawat konfigurasi standar. Otoritas kontrol lebih besar untuk pesawat *canard* yang tidak stabil pada CL tinggi dibandingkan dengan desain ekor belakang yang tidak stabil.

A. Aerodinamika

Aerodinamika adalah salah satu cabang dinamika yang berkenaan dengan kajian pergerakan udara, khususnya ketika udara tersebut berinteraksi dengan benda padat. Gaya yang terjadi pada aerodinamika memiliki hubungan erat pada pesawat untuk dapat terbang. Gaya-gaya yang bekerja pada *Airfoil* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

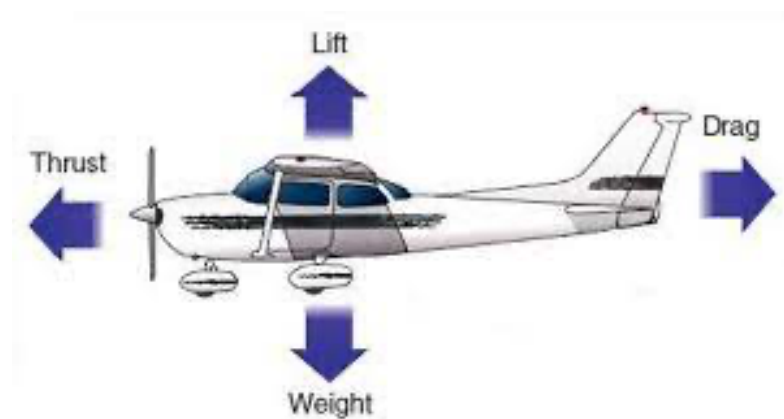


Gambar 1. Gaya-gaya yang bekerja pada *Airfoil*.

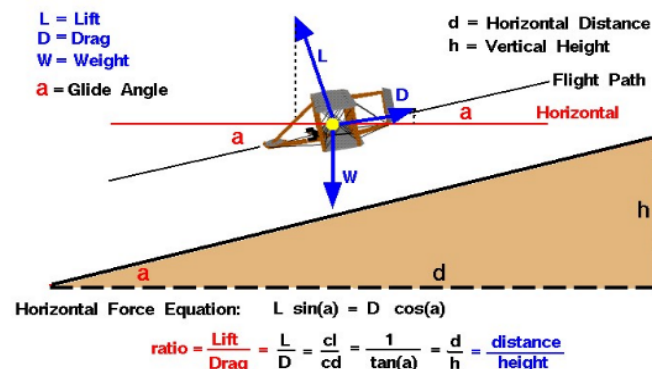
Aerodinamika merupakan sesuatu yang mempelajari atau menyelidiki sifat-sifat udara, reaksi-reaksi dan akibat-akibat yang timbul dari gerakan udara terhadap benda yang dilalui oleh udara atau gerakan benda-benda di dalam udara tersebut yang sangat erat hubungannya dengan ilmu penerbangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi aerodinamika antara lain temperatur udara, tekanan udara, kecepatan udara, serta kerapatan atau kepadatan udara.

B. Gaya Pesawat Terbang

Pesawat terbang dibuat sedemikian rupa agar memiliki gaya angkat yang besar tetapi memiliki hambatan udara yang kecil. Pada saat pesawat terbang, pesawat mengalami beberapa hambatan, hambatan tersebut diantaranya adalah hambatan berat pesawat, hambatan saat menabrak awan, dan hambatan udara. Selain itu pesawat juga memiliki beberapa gaya lainnya yang bekerja pada pesawat. Selain itu, pesawat juga memiliki gaya dorong atau *thrust* yang disebabkan oleh *engine* yang bekerja pada pesawat. Selain itu ada gaya berat atau *weight* yang disebabkan oleh berat pesawat itu sendiri. Gaya-gaya tersebut diilustrasikan seperti pada **Gambar 2**. dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Gaya pada pesawat terbang.



Gambar 3. Gaya-gaya yang bekerja pada pesawat.

Adapun penjelasan dari gambar di atas tentang gaya pada pesawat terbang adalah sebagai berikut :

1. Gaya Dorong (*Thrust*) adalah gaya maju atau ke depan, dihasilkan oleh dorongan (*Thrust*) mesin (*engine*) / baling-baling. Gaya ini arahnya kebalikan dari gaya hambat (*Drag*).
2. *Lift* (Gaya Angkat) didapatkan dari efek dinamis dari udara yang beraksi pada sayap dan searah dengan arah penerbangan pesawat merupakan komponen dari resultan (*R*) yang tegak lurus terhadap kecepatan *freestream* (V_∞).
3. Gaya Hambat (*Drag*) merupakan komponen dari resultan (*R*) yang sejajar dengan kecepatan *freestream* (V_∞).
4. Gaya Berat (*Weight*) merupakan gaya yang dihasilkan dari muatan pesawat itu sendiri seperti awak pesawat, bahan bakar, dan isi bagasi. Gaya berat dihasilkan karena adanya gaya gravitasi bumi yang melawan gaya *Lift* (angkat) vertikal ke bawah ke pusat gravitasi bumi.
5. *Lift to Drag Ratio* adalah jumlah gaya angkat yang dihasilkan oleh sayap atau kendaraan, dibagi dengan gaya hambat aerodinamis yang diciptakannya dengan bergerak melalui udara. Pada situs *National Aeronautics and Space Administration* (2022) mengatakan karena *Lift* dan *Drag* sama-sama gaya aerodinamis, *Lift to Drag Ratio* merupakan indikasi efisiensi aerodinamis pesawat. Semakin tinggi nilai *Lift to Drag Ratio* mengindikasikan bahwa pesawat memiliki kemampuan terbang melayang yang lebih baik dan dapat membawa beban yang lebih berat dan terbang lebih jauh.

C. Canard

Canard adalah sayap yang terletak didepan sayap utama berbentuk lebih kecil dibandingkan dengan sayap utama yang berfungsi untuk peningkatan kendali dan meningkatkan kinerja aerodinamis. Anderson (1987) mengatakan bahwa *Canard* mampu memberikan daya angkat yang positif, nilai *Coefficient Lift* yang lebih tinggi, pesawat bisa menjadi lebih kecil dengan hambatan yang lebih sedikit, dan keamanan yang lebih baik karena mampu bertahan pada sudut serang yang lebih tinggi. *Canard* berfungsi sebagai penambah daya angkat dan kecepatan. Pada pesawat udara berkecepatan rendah analisa terhadap karakteristik aerodinamika akibat penambahan *Canard* masih sedikit dilakukan. Pada penelitiannya membuktikan bahwa *Canard* mampu meningkatkan gaya angkat, menunda terjadinya *stall* pada sudut serang tinggi, serta dapat meningkatkan kestabilan pada pesawat.

Sudah banyak contoh penerapan dari penggunaan Canard ini, diantaranya yaitu pesawat Cessna 182P N1352S (Gambar 4), Rutan Long-EZ (Gambar 5), Beech Starship (Gambar 6), Wren 460 (Gambar 7), Embraer CBA-123 (Gambar 8), dan Rutan 81 Catbird (Gambar 9).



Gambar 4. Pesawat Cessna 182P N1352S.



Gambar 5. Pesawat Rutan Long-EZ.



Gambar 6. Pesawat Beech Starship.



Gambar 7. Pesawat Wren 460.



Gambar 8. Pesawat Embraer CBA-123.



Gambar 9. Pesawat Rutan 81 Catbird.

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh beberapa peneliti, Penggunaan Canard dapat membantu meningkatkan *Coefficient Lift* pada pesawat. Karakteristik aliran yang terbentuk pada *main wing* dan *Canard* dari pesawat saat terbang akan menghasilkan pusaran aliran (*vortex*) yang dapat meningkatkan gaya angkat yang bekerja pada pesawat. Selain itu penggunaan *Canard* dipercaya dapat menunda terjadinya *stall* dengan mengembalikan aliran diatas sayap yang seharusnya sudah mengalami turbulensi kembali menjadi *laminar*. Sehingga pesawat dapat bermanuver hingga sudut serang lebih tinggi tanpa mengalami *stall*. Hal ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kemampuan manuver pesawat terutama ketika pesawat terbang dengan kecepatan yang tinggi. Tentunya hal ini akan sangat menguntungkan bagi pesawat tersebut.

D. Tabel Percobaan

Melalui percobaan menggunakan *software* Ansys 2023 R2 pada objek sayap *Tapered* baik dengan ditambahkan *Canard* maupun tidak ditambahkan *Canard* diperoleh data yang kemudian diubah dalam bentuk tabel seperti di bawah ini.

TABEL I. PERBANDINGAN LIFT

NO	AOA	400 km/jam		500 km/jam		600 km/jam	
		<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>
1	15°	56852,74 N	46591,57 N	69984,89 N	53380,33 N	69710,58 N	62957,49 N
2	25°	69467,7 N	51232,05 N	89708,73 N	62262,27 N	114460,6 N	75750,98 N
3	35°	79219,67 N	55933,74 N	104638,7 N	69710,58 N	136044,6 N	86658,62 N

TABEL II. PERBANDINGAN DRAG

NO	AOA	400 km/jam		500 km/jam		600 km/jam	
		<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>
1	15°	33379,85 N	32725,57 N	33276,9 N	33104,61 N	33145,92 N	33726,65 N
2	25°	30875,91 N	32147,63 N	29360,86 N	32408,85 N	27504,53 N	32724,49 N
3	35°	27960,87 N	31412,73 N	24891,67 N	31240,95 N	21046,36 N	31030,59 N

Setelah diperoleh nilai *Lift* dan *Drag* maka dapat dilakukan perbandingan guna mencari nilai *Lift to Drag Ratio* yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

TABEL III. PERBANDINGAN LIFT TO DRAG

NO	AOA	400 km/jam		500 km/jam		600 km/jam	
		<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>
1	15°	1,70321	1,42371	2,10311	1,40740	2,59603	1,86670
2	25°	2,24990	1,59365	3,05538	1,58080	4,16152	2,31481
3	35°	2,83323	1,78061	4,20376	1,79040	6,46404	2,79268

E. Penulisan Persamaan

Dengan diketahui massa jenisnya sebesar 1,225 kg/m³ dan surface area wing sebesar 16,976 m² dan surface area *canard* sebesar 1,2774 m². Sehingga dengan variabel kecepatan dapat dihitung sebagai berikut :

Contoh:

Coefficient Drag dan *Coefficient Lift* sayap tanpa *Canard* dengan kecepatan 400 km/jam atau 111,1111 m/s pada sudut serang 15°.

$$CD = 32725,57 / (1/2 \times 1,225 \times [111,1111]^2 \times 16,976) = 0,25494$$

$$CL = (46591,57) / (1/2 \times 1,225 \times [111,1111]^2 \times 16,976) = 0,36295$$

III. METODE DAN MODEL

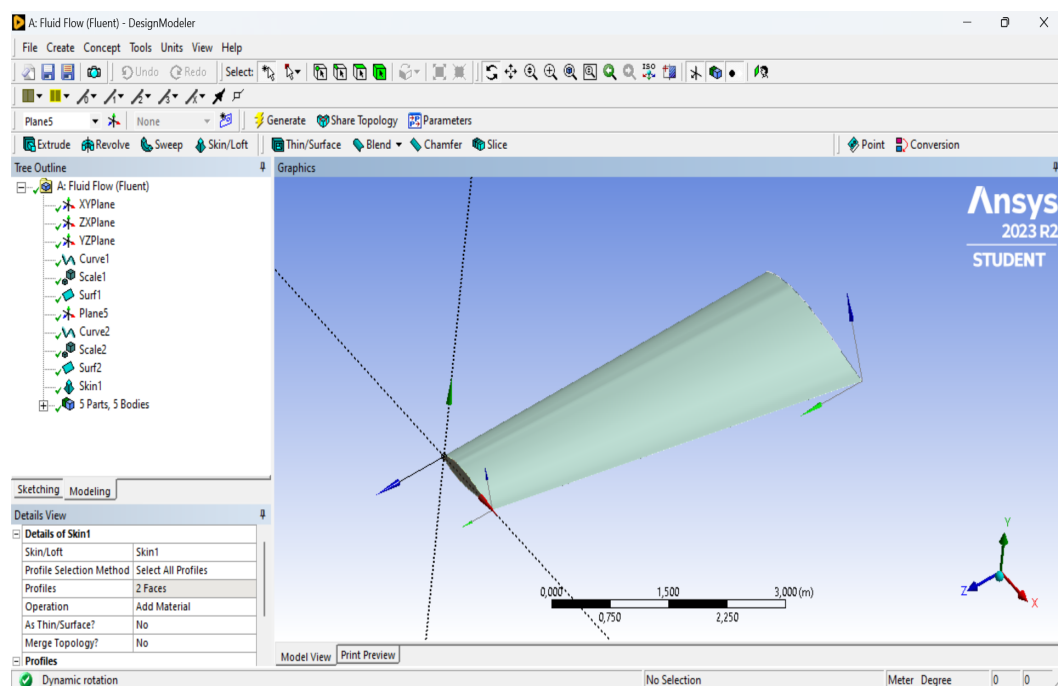
A. Computational Fluid Dynamics

CFD adalah cabang aerodinamika / mekanika fluida di mana informasi aerodinamika diperoleh dari perhitungan menggunakan analisis numerik dan struktur data untuk memecahkan dan menganalisis masalah yang melibatkan aliran fluida. Cara lain adalah dengan eksperimen misalnya dalam terowongan angin atau uji terbang. CFD dan metode numerik lainnya di bidang teknik semakin populer seiring meningkatnya kemampuan komputer dan harga semakin terjangkau karena harga komputer. CFD menjadi alternatif yang lebih cepat dan murah dalam perancangan alat atau penelitian untuk menentukan karakteristik suatu aliran dan interaksinya.

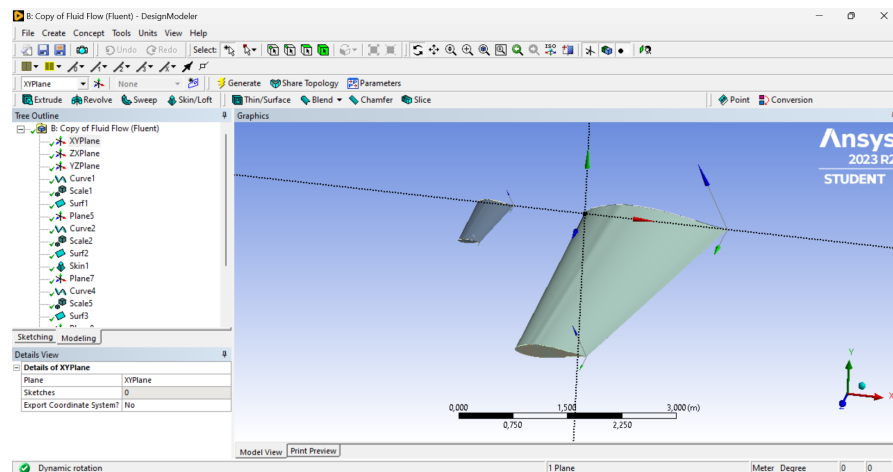
Bantuan komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan untuk mensimulasikan interaksi cairan dan gas dengan permukaan yang ditentukan oleh kondisi batas. Dengan superkomputer berkecepatan tinggi, solusi yang lebih baik dapat dicapai. Penelitian berkelanjutan menghasilkan perangkat lunak yang meningkatkan akurasi dan kecepatan skenario simulasi yang kompleks seperti aliran transonik atau turbulen. Validasi eksperimental awal perangkat lunak tersebut dilakukan dengan menggunakan terowongan angin dengan validasi akhir yang datang dalam pengujian skala penuh, contohnya adalah uji terbang.

B. Model Geometri Pesawat

Karakteristik model sayap dan *canard* yang diujikan dapat dilihat pada geometri sayap tanpa *canard* (Gambar 10.) dan sayap dengan *canard* (Gambar 11.)

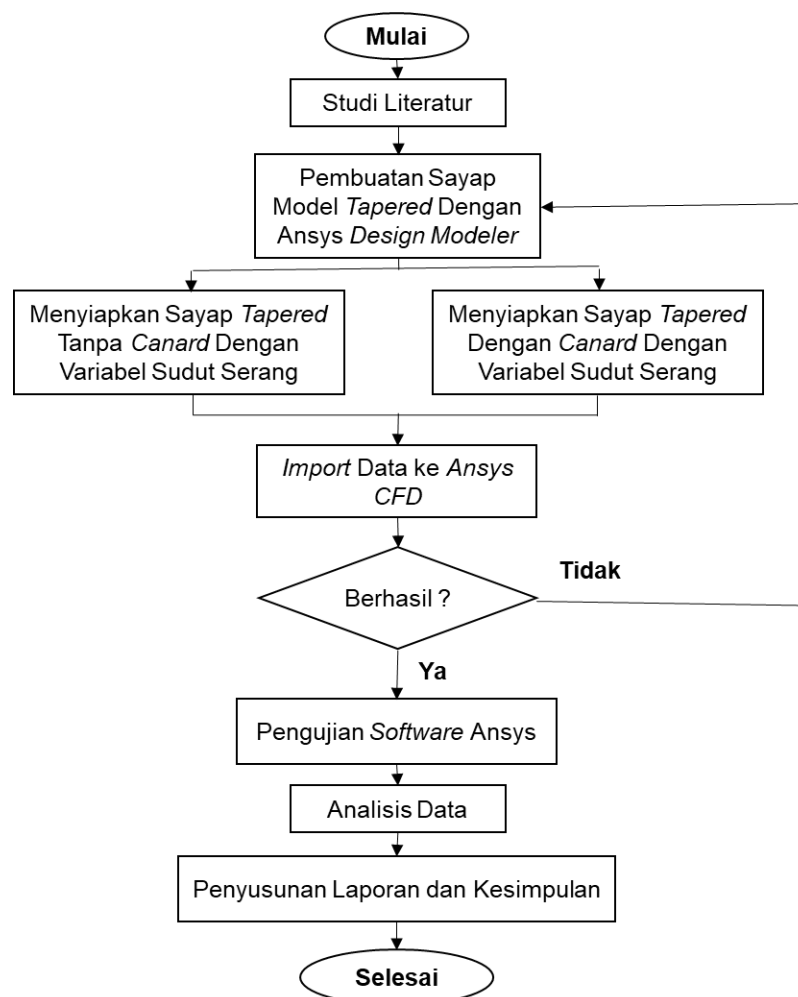


Gambar 10. Geometri sayap tanpa *Canard*.

Gambar 11. Geometri sayap dengan *Canard*.

C. Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir terkait proses pengerjaan pengujian terhadap analisis penambahan *canard* pada sayap *Tapered Wing*.



Gambar 12. Diagram alir.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemudian dari hasil perhitungan tersebut dibuat menjadi tabel agar mempermudah dalam membandingkan hasil *Coefficient Lift* dan *Coefficient Drag* sayap dengan *Canard* maupun sayap tanpa *Canard*. Hasil perhitungan *Coefficient Lift* dan *Coefficient Drag* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

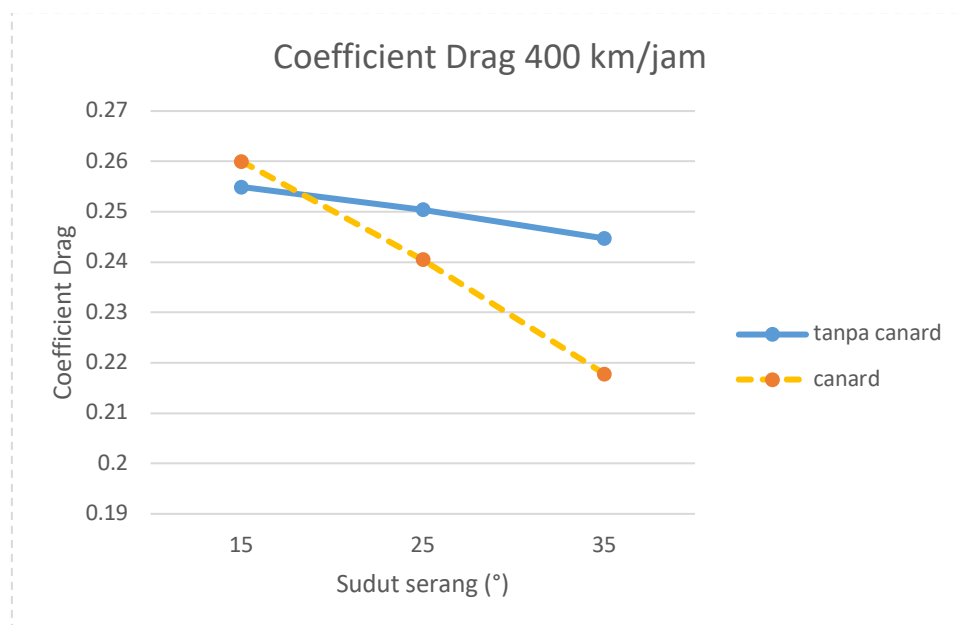
HASIL PERHITUNGAN *COEFFICIENT LIFT*

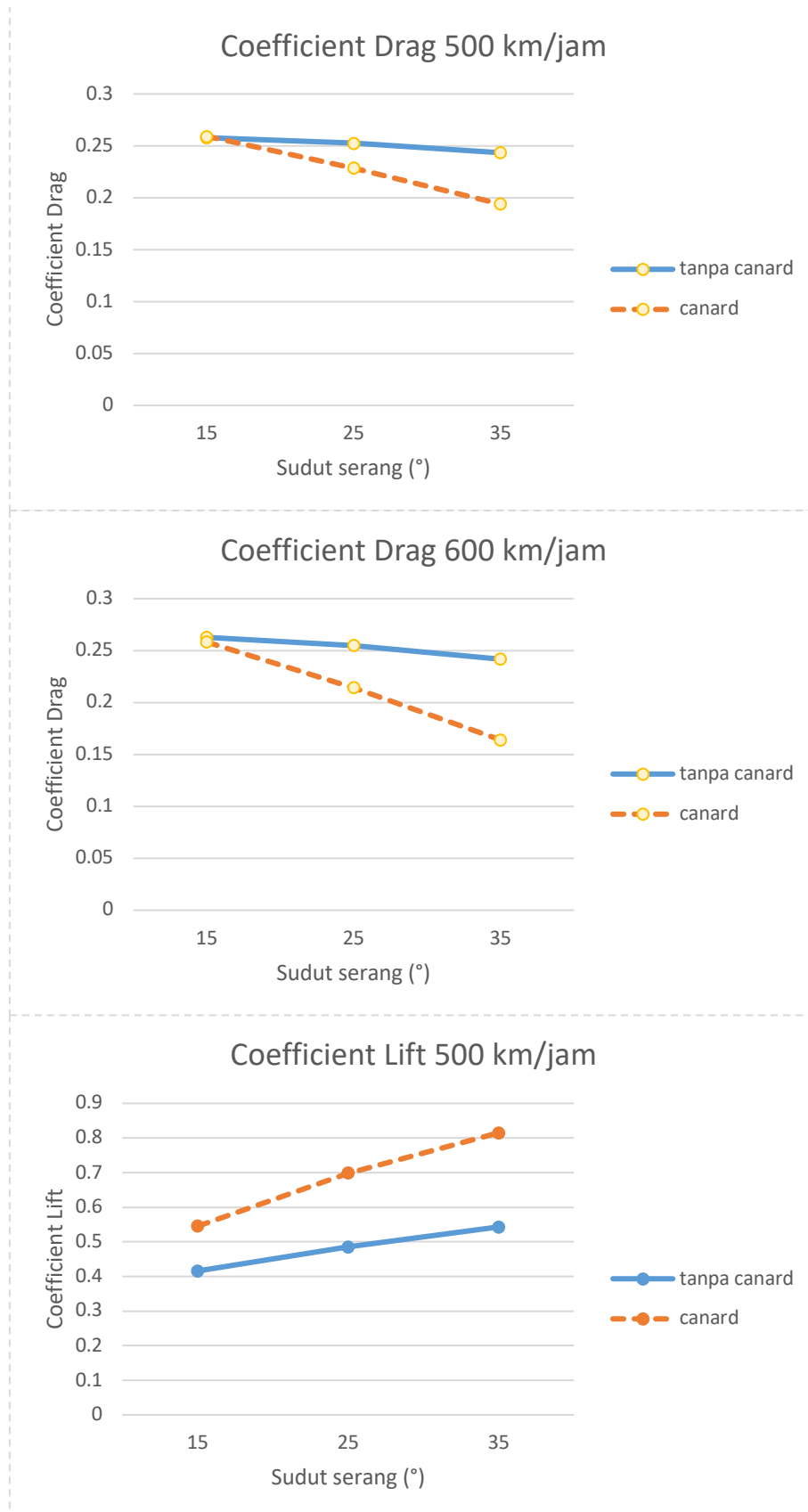
NO	AOA	400 km/jam		500 km/jam		600 km/jam	
		<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>
1	15°	0,44289	0,36295	0,54519	0,41584	0,67032	0,49045
2	25°	0,54116	0,39910	0,69884	0,48503	0,89166	0,59011
3	35°	0,61713	0,43573	0,81515	0,54305	1,05980	0,67508

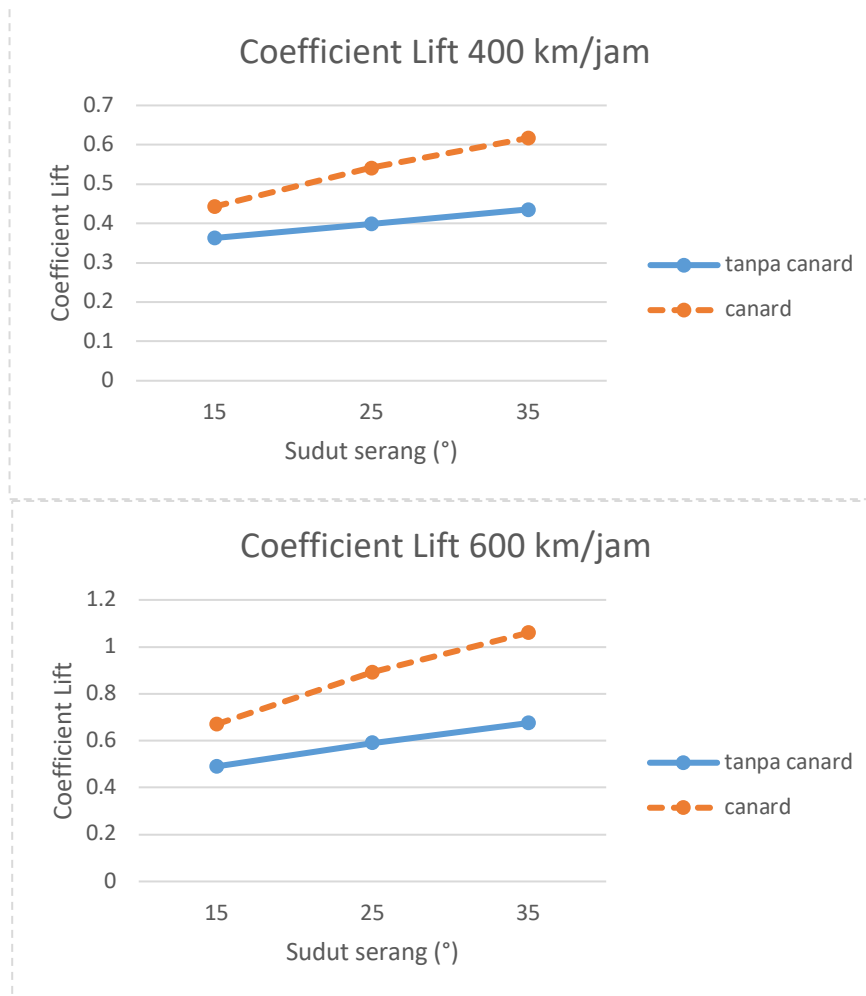
HASIL PERHITUNGAN *COEFFICIENT DRAG*

NO	AOA	400 km/jam		500 km/jam		600 km/jam	
		<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>	<i>Canard</i>	Tanpa <i>canard</i>
1	15°	0,26003	0,25494	0,25923	0,25789	0,25821	0,26273
2	25°	0,24053	0,25043	0,22872	0,25247	0,21426	0,25493
3	35°	0,21782	0,24471	0,19391	0,24337	0,16395	0,24173

A. Grafik Hasil Perhitungan







B. Pembahasan

Dari tabel hasil pengujian dapat disimpulkan terkait perbandingan nilai CL dan CD antara sayap *Tapered* dengan *canard* dan tanpa menggunakan *canard* yang diperoleh hasil bahwa nilai CL sayap dengan *canard* memiliki nilai yang lebih baik dibanding sayap tanpa *canard*. Serta nilai CD sayap dengan *canard* memiliki nilai yang lebih rendah dibanding sayap tanpa *canard*.

V. KESIMPULAN

Penggunaan *canard* pada model sayap *Tapered Wing* meningkatkan gaya aerodinamika pesawat. Sayap dengan *canard* menunjukkan nilai *Coefficient Lift* (CL) yang lebih tinggi dan *Coefficient Drag* (CD) yang lebih rendah dibandingkan sayap tanpa *canard*. Peningkatan CL tertinggi tercatat pada kecepatan 600 km/jam dengan sudut serang 35°, mencapai 56,99%. Sebaliknya, penurunan CD tertinggi juga terjadi pada kecepatan 600 km/jam dan sudut serang 35°, dengan penurunan sebesar 47,44%. Analisis *Lift to Drag Ratio* (L/D) menunjukkan bahwa sayap dengan *canard* memiliki nilai L/D yang lebih baik, memungkinkan pesawat membawa beban lebih besar dalam jarak dan waktu yang lebih panjang. Nilai L/D tertinggi tercatat pada kecepatan 600 km/jam dan sudut serang 35°, yaitu 5,88541.

REFERENSI

- [1] Siti Sypah Fauziah, & Bagus Dwi Cahyono, S.ST., M.Pd. (2023), Maintenance Anti Collusion Light Pada Pesawat Terbang ATR 72-500 Lion Air Di Batam Aero Technic (BAT).
 - [2] Anggito Bagus Satrio Asmoro. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Sudut dan Luas Penampang Winglet terhadap Sayap NACA Airfoil 2412 Pada Pengujian Low Subsonic Wind Tunnel. Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia. Akademi Angkatan Udara.
 - [3] Wibowo, S. B., Lufstansa, D. P., Adiyantoro, D., & Safarudin, R. (2019), Visualisasi Aliran Pada Model Pesawat Tempur Untuk Variasi Sudut Canard Posisi Sejajar Sayap Utama Menggunakan Water Tunnel. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri, Yogyakarta.
 - [4] Lufti Aryananta. (2023). Analisis Airfoil (Sayap Pesawat) Terhadap Koefisien Lift (CL) Dan Koefisien Drag (CD) Dengan Variasi Kecepatan Udara.
 - [5] Sutrisno, Rohmat, T. A., Wibowo, S. B., & Iswahyudi, S. (2019). Vortex dynamics study of the canard deflection angles' influence on the Sukhoi Su-30-like model to improve stall delays at high AoA. *Aerospace*, 6(2). <<https://doi.org/10.3390/aerospace6020012>>.
 - [6] Muhammad Rizqi Anshori Putra. (2022). Analisis Karakteristik Aerodinamika Pada Sayap Pesawat KT-1B Wong Bee Dengan Penambahan Winglet Berbasis Software Ansys. Akademi Angkatan Udara.
-