



Analisis Aerodinamika Sayap CN-295 Dengan Penambahan *Raked Wingtip* Pada Kondisi Terbang Jelajah Menggunakan *Software Ansys*

Analysis Of CN-295 Wing Aerodynamics With The Addition Of Raked Wingtip In Cruising Flight Conditions Using Ansys Software

**Abrar Rizqy Lestyanto^{1*}, Tunjung Prastowo Adi²,
Linggar Widayatmo³**

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: abrarlestyanto@gmail.com

Abstract— *This study aims to analyze the effect of adding a raked wingtip on the aerodynamic characteristics of the CN-295 aircraft wing during cruise flight conditions. The CN-295 is a turboprop military transport aircraft operated by the Indonesian Air Force for various logistical and tactical missions; therefore, aerodynamic efficiency is an essential aspect in supporting aircraft performance and fuel consumption. One of the improvement efforts to enhance aerodynamic efficiency is through wing design modification by adding a raked wingtip, which is a backward-swept wingtip shape designed to reduce drag. This research employs a simulation method based on Computational Fluid Dynamics (CFD) using ANSYS Student software to compare the aerodynamic performance between the standard wing and the wing equipped with a raked wingtip. The simulation was conducted at a cruise speed of 400 km/h and an altitude of 15.000 feet with variations in the angle of attack of 1°, 2°, 3°, and 4°. The CN-295 wing model used the NACA 65(3)-218 airfoil profile, modeled to resemble the actual wing dimensions. The main parameters analyzed include the lift coefficient (CL), drag coefficient (CD), and lift-to-drag ratio (L/D) as indicators of aerodynamic efficiency.*

Keywords— *CN-295, Raked Wingtip, Aerodynamics, Computational Fluid Dynamics (CFD), ANSYS, Lift-to-Drag Ratio*

Abstrak— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan *Raked Wingtip* terhadap karakteristik aerodinamika sayap pesawat CN-295 pada kondisi terbang jelajah (*cruise flight*). Pesawat CN-295 merupakan pesawat angkut militer turboprop yang digunakan oleh TNI Angkatan Udara untuk berbagai misi logistik dan operasi taktis, sehingga efisiensi aerodinamika menjadi aspek penting dalam menunjang kinerja dan konsumsi bahan bakar. Salah satu upaya peningkatan efisiensi tersebut dilakukan melalui modifikasi desain sayap dengan menambahkan *Raked Wingtip*, yaitu bentuk ujung sayap yang dimiringkan ke belakang untuk mengurangi gaya hambat (*drag*). Penelitian ini menggunakan metode simulasi berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* dengan perangkat lunak ANSYS Student untuk membandingkan performa aerodinamika antara sayap standar dan sayap dengan *Raked Wingtip*. Simulasi dilakukan pada kecepatan jelajah 400 km/jam dan ketinggian 15.000 kaki dengan variasi sudut serang (*angle of attack*) sebesar 1°, 2°, 3°, dan 4°. Model sayap CN-295 menggunakan profil airfoil NACA 65(3)-218 yang dimodelkan menyerupai dimensi sayap asli. Parameter utama yang dianalisis meliputi koefisien gaya angkat (CL), koefisien gaya hambat (CD), serta rasio *lift-to-drag* (L/D) sebagai indikator efisiensi aerodinamika..

Kata Kunci— *CN-295, Raked Wingtip, Aerodinamika, Computational Fluid Dynamics (CFD), Lift-to-Drag Ratio*

*Abrar Rizqy Lestyanto

E-mail: abrarlestyanto@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Pesawat CN-295 adalah pesawat transport militer buatan Airbus Defence and Space yang telah digunakan oleh TNI Angkatan Udara (AU) untuk mendukung berbagai misi logistik, bantuan kemanusiaan, dan operasi militer. Pesawat ini memiliki kemampuan untuk mengangkut berbagai jenis kargo, termasuk kendaraan dan peralatan berat, serta mampu terbang dalam berbagai kondisi cuaca dan medan yang sulit. Dengan kapasitas angkut hingga 9 ton, CN-295 dirancang untuk operasional jarak pendek dan menengah, menjadikannya sangat cocok untuk wilayah Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau dengan infrastruktur terbatas. Selain itu, pesawat ini dilengkapi dengan sistem avionik canggih, yang memungkinkan pengoperasian dalam berbagai misi, baik siang maupun malam. Pengadaan CN-295 bagi TNI AU memperkuat kemampuan mobilitas strategis dan taktis Angkatan Udara Indonesia, sekaligus meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi berbagai tantangan, baik domestik maupun internasional.

Pesawat CN-295, yang merupakan pesawat *turboprop* angkut sedang, dirancang untuk misi pengangkutan barang, logistik dan penumpang dengan kemampuan operasional yang baik pada berbagai kondisi medan dan iklim. Namun, untuk meningkatkan efisiensi aerodinamika dan mengurangi gaya hambat (*drag*) yang terjadi selama penerbangan, riset dan pengembangan desain sayap pesawat terus dilakukan. Salah satu inovasi dalam desain sayap yang menarik perhatian adalah penggunaan *raked wingtip* pada ujung sayapnya. Meskipun desain pesawat ini sudah optimal dan efisien dalam segala kondisi penerbangan, ada kemungkinan potensi untuk meningkatkan kinerja aerodinamiknya, khususnya pada saat fase terbang jelajah yang merupakan fase penerbangan yang panjang dan paling mempengaruhi konsumsi bahan bakar secara signifikan.

Raked wingtip adalah modifikasi pada ujung sayap yang membentuk suatu sudut tertentu (biasanya miring) terhadap sumbu pesawat, yang bertujuan untuk mengurangi *vorteks* pada ujung sayap, mengurangi *drag*, dan pada akhirnya meningkatkan efisiensi bahan bakar serta keseluruhan performa pesawat. Desain sayap yang dilengkapi dengan *raked wingtip* telah diterapkan pada beberapa pesawat modern dengan hasil yang menguntungkan, namun pengaruh desain *raked wingtip* terhadap pesawat CN-295 yang memiliki karakteristik berbeda dan perlu dilakukan analisis lebih lanjut. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan analisis aerodinamika terhadap pesawat CN-295 dengan penambahan *raked wingtip* menggunakan perangkat lunak ANSYS untuk memahami dampak perubahan desain sayap terhadap kinerja aerodinamika pesawat dalam kondisi terbang jelajah.

II. LANDASAN TEORI

A. Aerodinamika Pesawat

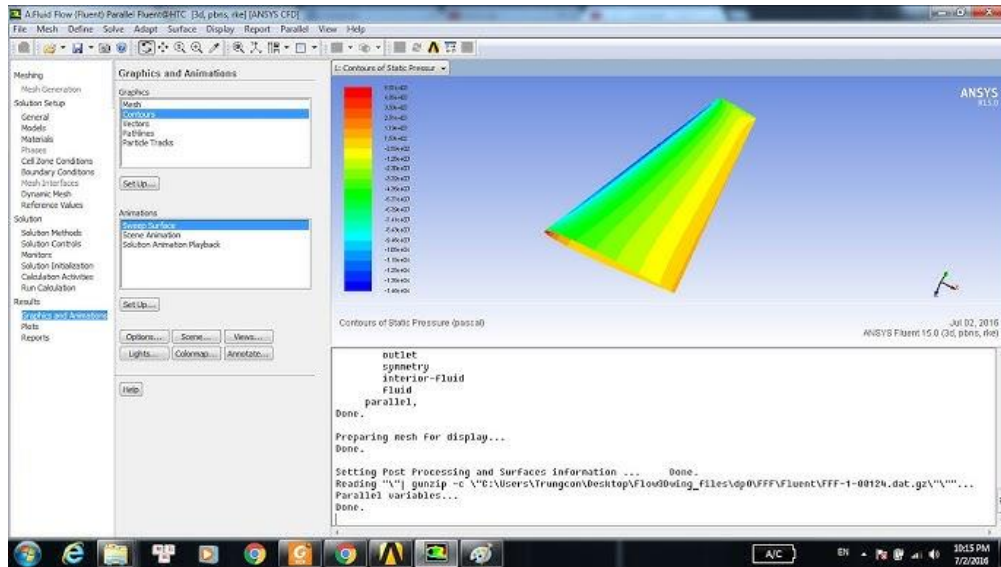
Gaya utama yang bekerja pada pesawat meliputi *lift*, *drag*, *thrust*, dan *weight*. Efisiensi aerodinamika dinilai dari rasio *Lift-to-Drag* (*L/D*).

B. Wingtip Device

Raked wingtip meningkatkan panjang efektif sayap tanpa menambah bentangan aktual, sehingga mengurangi *induced drag* dan meningkatkan efisiensi bahan bakar.

C. Computational Fluid Dynamics (CFD)

Digunakan untuk menganalisis aliran fluida dan distribusi tekanan di sekitar sayap melalui metode numerik.



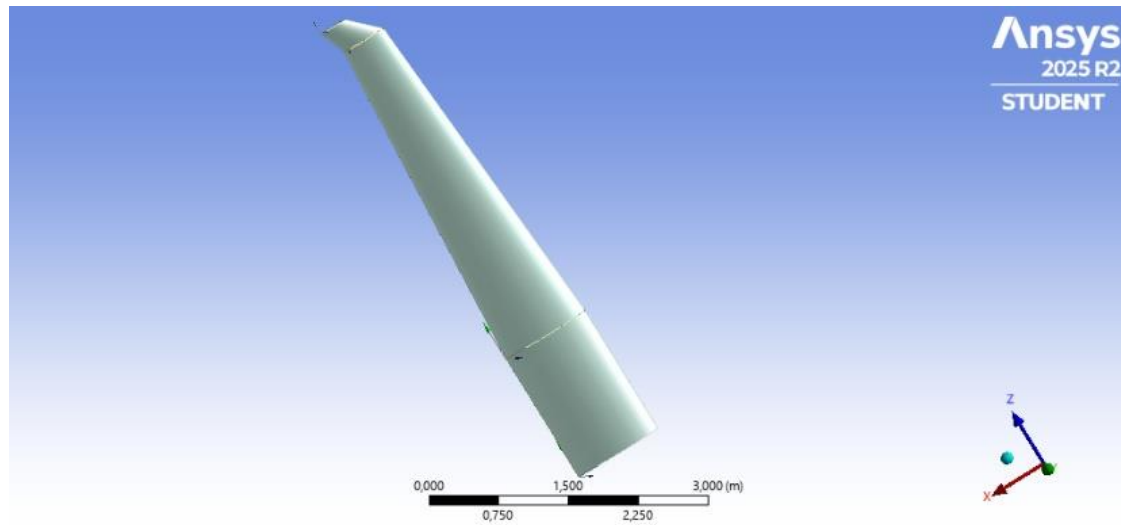
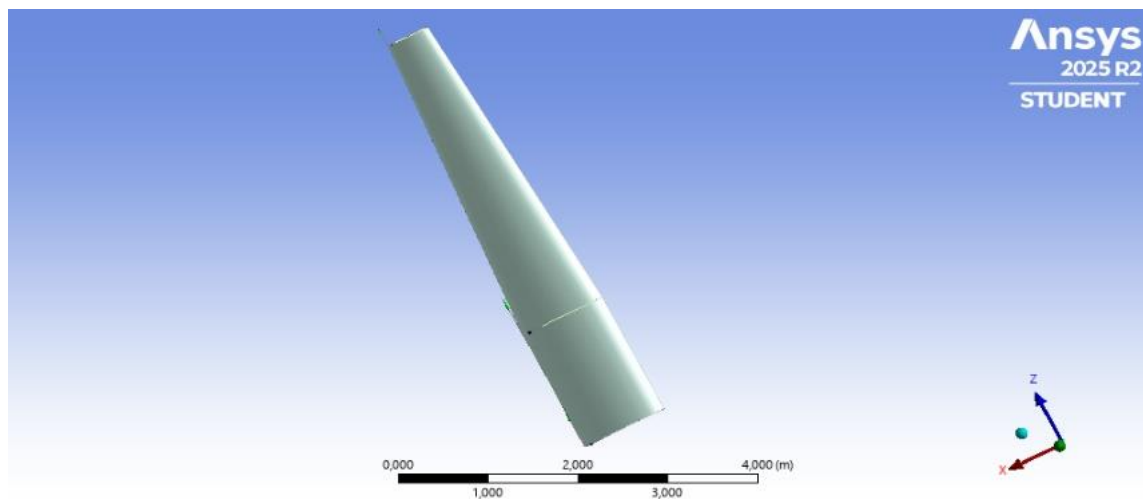
Gambar 1. Computational Fluid Dynamics

D. Profil Airfoil CN-295

Airfoil yang digunakan adalah NACA 65(3)-218, terkenal memiliki efisiensi tinggi pada kecepatan jelajah.

E. Pemodelan Sayap

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan simulasi *Computational Fluid Dynamics (CFD)* menggunakan perangkat lunak ANSYS untuk menganalisis pengaruh penambahan *raked wingtip* terhadap karakteristik aerodinamika sayap pesawat CN-295. Dua model utama digunakan dalam penelitian ini, yaitu model sayap standar dan model sayap dengan penambahan *raked wingtip*, keduanya berbasis profil airfoil NACA 65(3)-218 yang umum digunakan pada pesawat transport berkecepatan sedang. Simulasi dilakukan pada kondisi terbang jelajah dengan kecepatan 400 km/jam dan ketinggian 15.000 kaki, serta variasi sudut serang (*Angle of Attack*) sebesar 1°, 2°, 3°, dan 4°. Proses *meshing* dilakukan dengan tingkat kerapatan tinggi pada area ujung sayap untuk memastikan ketelitian hasil analisis aliran udara di sekitar *wingtip*. Kondisi batas (*boundary conditions*) ditetapkan dengan kecepatan udara konstan di sisi inlet dan tekanan atmosfer di sisi outlet. Model turbulensi yang digunakan adalah $k-\epsilon$ realizable, karena mampu memberikan keseimbangan antara akurasi dan efisiensi komputasi untuk kasus aliran eksternal pada kecepatan subsonik. Data hasil simulasi meliputi koefisien gaya angkat (CL), gaya hambat (CD), serta rasio *Lift-to-Drag* (L/D) untuk setiap konfigurasi sudut serang. Nilai-nilai tersebut dibandingkan antara model standar dan *raked wingtip* untuk menilai peningkatan efisiensi aerodinamika. Tahapan akhir penelitian ini adalah interpretasi hasil berupa kontur kecepatan (*velocity contour*) dan kontur tekanan (*pressure contour*) untuk menganalisis perubahan pola aliran dan distribusi tekanan akibat modifikasi desain ujung sayap.

Gambar 2. Model *Raked Wingtip* CN-295Gambar 3. Model *Non Raked Wingtip* CN-295TABEL I
PERBANDINGAN DATA HASIL SIMULASI ROKET

AOA (°)	CL (Non-Raked)	CL (Raked)	CD (Non-Raked)	CD (Raked)	L/D (Non-Raked)	L/D (Raked)
1	0.255	0.263	0.032	0.031	7.97	8.48

2	0.502	0.520	0.061	0.060	8.23	8.66
3	0.735	0.753	0.090	0.089	8.10	8.43
4	0.911	0.927	0.113	0.112	8.07	8.30

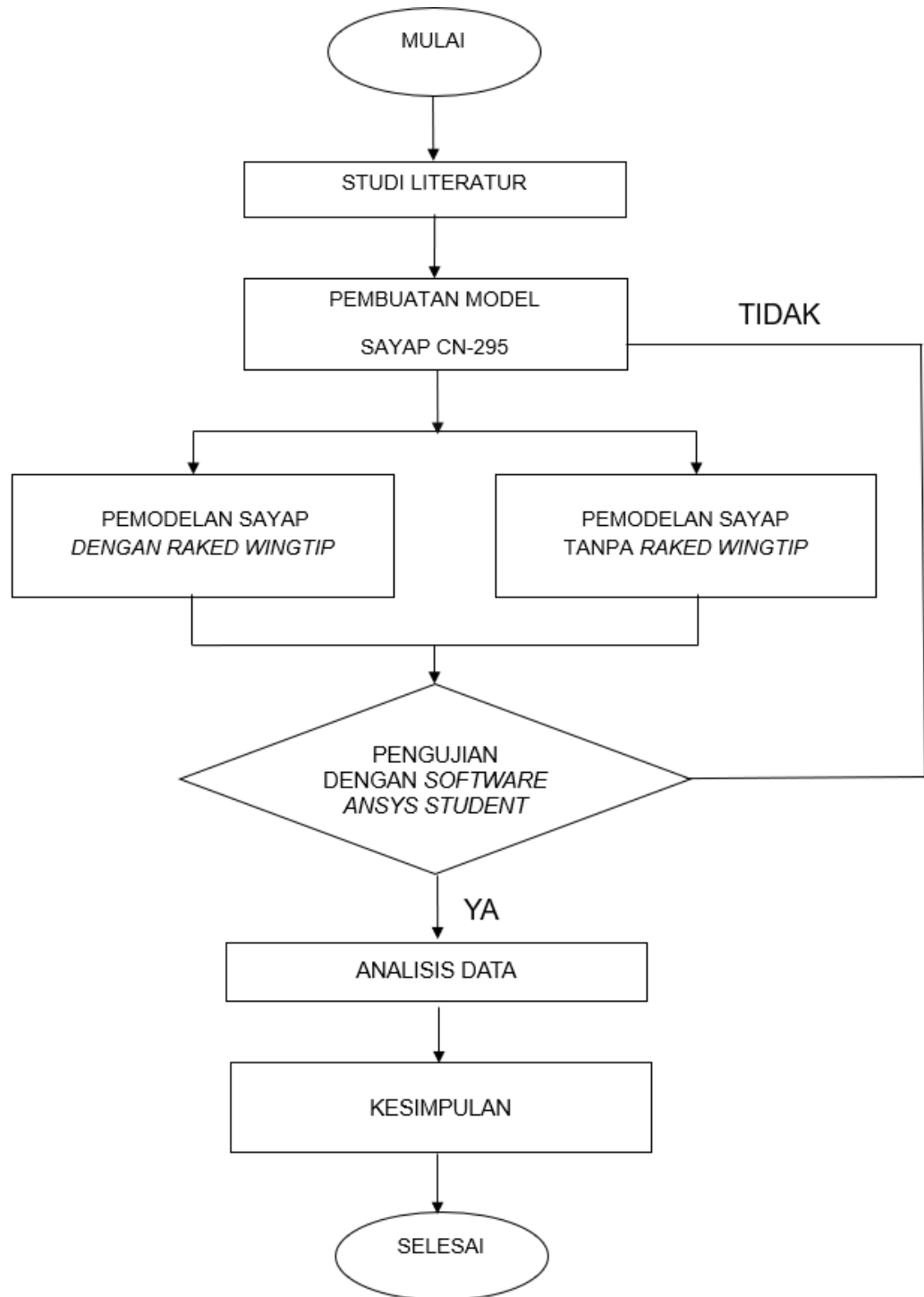
III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

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 dengan menggunakan *software ANSYS*.

1. Model yang diusulkan dalam penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi aerodinamika pesawat CN-295 melalui penerapan desain *raked wingtip* pada ujung sayap. Konsep utama dari model ini adalah memodifikasi bentuk ujung sayap dengan memberikan sudut kemiringan ke belakang (*rake angle*) sekitar 25° , sehingga menghasilkan perpanjangan rentang efektif sayap tanpa menambah bentangan aktual. Desain ini diharapkan mampu mengurangi *induced drag* yang disebabkan oleh pusaran udara di ujung sayap (*wingtip vortex*), sekaligus meningkatkan rasio *Lift-to-Drag* (L/D) pada kondisi terbang jelajah.

2. Dalam implementasinya, model 3D sayap CN-295 dibuat menggunakan perangkat lunak ANSYS berdasarkan dimensi geometrik aktual pesawat. Kemudian, model tersebut dibagi menjadi dua konfigurasi, yaitu sayap standar dan sayap dengan *raked wingtip*. Geometri *raked wingtip* dirancang dengan mempertimbangkan perbandingan antara panjang tambahan ujung sayap terhadap bentangan sayap utama (*span extension ratio*), serta parameter aerodinamika yang sesuai untuk kecepatan subsonik. Setelah desain selesai, kedua model diuji secara numerik menggunakan ANSYS, dengan kondisi batas (*boundary conditions*) identik untuk menjamin hasil perbandingan yang objektif.

3. Model yang diusulkan ini diharapkan dapat memperbaiki distribusi tekanan di sekitar ujung sayap, menurunkan intensitas vorteks yang terbentuk, serta meningkatkan kestabilan aliran udara sepanjang bentangan sayap. Dengan demikian, penerapan desain *raked wingtip* ini menjadi solusi sederhana namun efektif untuk meningkatkan efisiensi aerodinamika pesawat turboprop seperti CN-295 tanpa memerlukan perubahan besar pada struktur utama sayap. Diagram alir penyusunan penelitian ini digambarkan pada gambar dibawah ini.



IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Proses pengujian dilakukan menggunakan simulasi numerik berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan perangkat lunak ANSYS. Dua model sayap pesawat CN-295 dianalisis, yaitu model *non-raked wingtip* (standar) dan model *raked wingtip* yang telah dimodifikasi pada bagian ujung sayap. Kedua model disimulasikan pada kondisi kecepatan 400 km/jam dan ketinggian 15.000 kaki, dengan variasi sudut serang (AOA) sebesar 1°, 2°, 3°, dan 4°.

B. Pembahasan

Secara umum, hasil menunjukkan bahwa nilai CL pada konfigurasi *raked wingtip* mengalami peningkatan rata-rata sekitar 2–3% dibandingkan sayap standar pada setiap variasi sudut serang. Hal ini disebabkan oleh efek penambahan panjang efektif sayap yang memperbesar area pengangkatan (*lifting area*) dan mengurangi intensitas pusaran di ujung sayap. Sementara itu, nilai CD sedikit menurun dibandingkan konfigurasi non-raked, menunjukkan berkurangnya *induced drag* akibat perbaikan distribusi tekanan di sekitar *wingtip*.

Peningkatan paling signifikan terlihat pada sudut serang 3°, di mana rasio *Lift-to-Drag* meningkat dari 8,10 menjadi 8,42, atau sekitar 3,98% lebih efisien. Hasil ini membuktikan bahwa penambahan *raked wingtip* memberikan keuntungan aerodinamika yang optimal pada kondisi terbang jelajah, di mana keseimbangan antara gaya angkat dan hambat sangat penting untuk efisiensi bahan bakar dan jarak tempuh.

Analisis kontur kecepatan (*velocity contour*) menunjukkan aliran udara yang lebih halus di sekitar ujung sayap dengan *raked wingtip*, menandakan penurunan intensitas *wingtip vortex*. Sementara itu, kontur tekanan (*pressure contour*) memperlihatkan area tekanan tinggi di bawah sayap yang lebih stabil dan tidak menghasilkan pusaran kuat seperti pada konfigurasi standar. Fenomena ini menjadi indikasi bahwa *raked wingtip* mampu menekan kehilangan energi akibat vorteks, sehingga meningkatkan kestabilan dan efisiensi aerodinamika keseluruhan.

Dengan demikian, implementasi model *raked wingtip* terbukti efektif untuk meningkatkan performa aerodinamika pesawat CN-295. Hasil ini sejalan dengan teori aerodinamika modern dan studi eksperimental yang menunjukkan bahwa modifikasi bentuk ujung sayap merupakan salah satu cara paling efisien untuk menurunkan *induced drag* tanpa menambah kompleksitas struktural pada desain pesawat.

V. KESIMPULAN

Penambahan *raked wingtip* pada sayap pesawat CN-295 terbukti meningkatkan efisiensi aerodinamika pada kondisi terbang jelajah. Hasil simulasi menunjukkan adanya peningkatan rasio *Lift-to-Drag (L/D)* sekitar 3,98% dibandingkan sayap standar, dengan nilai optimum pada sudut serang 3°. Peningkatan ini terjadi akibat berkurangnya *induced drag* dan perbaikan distribusi tekanan di sekitar ujung sayap. Desain *raked wingtip* juga terbukti memberikan kestabilan aliran yang lebih baik tanpa memerlukan perubahan besar pada struktur utama sayap, sehingga layak diimplementasikan untuk meningkatkan performa pesawat turboprop seperti CN-295.

REFERENSI

- [1] Anderson, J.D. *Introduction to Flight*. McGraw-Hill, 2010.
 - [2] Niskanen, S. "OpenRocket: Software untuk Desain dan Simulasi Roket." 2009.
 - [3] Hariyadi, S.S., Suryono, W., & Junipitoyo, B. "Analisis Winglet terhadap Efisiensi Sayap." 2017.
 - [4] NASA. *Aircraft Aerodynamics and Design Principles*, 2022.
 - [5] LAPAN. *Desain Aerodinamika Roket RX-550*, 2020.
-