



Analisis Pengaruh Penambahan *Vortex Generator* Model Sayap N-219 Terhadap Sifat Aerodinamika Berbasis Software *Ansys*

(Analysis Effect of Addition Vortex Generator Model Wing N-219 To Aerodynamic Characteristics Based Software Ansys)

Kevin Oktavio Armanda¹, Sya'ban Tri Hernawan², M. Abdul Ghofur³

^{1,2,3} Program Studi Aeronautika, Akademi Angkatan Udara/Departemen Aeronautika

E-mail: 71.21.kevinoktavio@gmail.com, syabantri@gmail.com, m_abdulghofur@aau.ac.id

Abstract— *N-219 airplane was a cargo plane made for 'perintis' flight which has capability to take off and land on short runway to reach any deserted area in Indonesia. This study aims to determine the effect of adding a vortex generator on the aerodynamic characteristics of the N-219 airplane. Hopefully this research could improve plane capability when take off and climbing so that could support this plane for 'perintis' flight mission. The research use Computational Fluid Dynamics (CFD) method, which is using simulation method from software Ansys Fluent and Solidworks3D for 3D design modeler. The airfoil used to this study is LS(1)-0417 MOD and the shape of vortex generator is rectangular which is varied into three variant of assemble position according from leading edge as a reference. The result from this research show that vortex generator using into N-219 wing could effect number of coefficient lift (C_L) and coefficient drag (C_D) from angle of attack start from 0° , 5° , 6° , 7° , 8° until 9° . During cruise flight, wing with vortex generator at 15% position provides the best aerodynamic efficiency as indicated by the number lift to drag ratio 21,72306995. Meanwhile in climbing flight, wing without a vortex generator provides the best aerodynamic efficiency showed with number lift to drag ratio 26,40047327.*

Keywords— *Coefficient Lift, Coefficient Drag, Angle of Attack, Vortex generator (VG)*

Abstrak— *Pesawat N-219 merupakan pesawat angkut yang dicipitakan untuk tujuan penerbangan perintis yaitu mampu melaksanakan penerbangan pada landas pacu yang pendek untuk menjangkau daerah terpencil di seluruh wilayah Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan vortex generator pada sayap akan mampu meningkatkan performa pesawat saat lepas landas dan terbang menanjak sehingga mendukung kemampuan penerbangan perintis di wilayah terpencil Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) yaitu melalui sebuah simulasi menggunakan software yang mana dalam hal ini untuk software simulasi menggunakan Ansys Fluent dan pemodelan geometri menggunakan Solidworks3D. Jenis airfoil pesawat ialah LS(1)-0417 MOD dan bentuk vortex generator ialah rectangular yang nantinya divariasikan pada tiga posisi pasang mengacu pada referensi leading edge airfoil. Hasil yang diperoleh dari penelitian ialah penggunaan vortex generator pada sayap pesawat mampu memengaruhi nilai coefficient lift (C_L) dan coefficient drag (C_D) pada tiap-tiap sayap dengan Angle of Attack (AoA) mulai dari 0° , 5° , 6° , 7° , 8° , dan 9° . Pada saat terbang fase cruise sayap dengan vortex generator pada posisi pasang 15% memberikan efisiensi aerodinamis terbaik yang ditunjukkan dengan nilai lift to drag ratio sebesar 21,72306995. Sementara pada fase terbang climb sayap tanpa vortex generator lebih memberikan efisiensi aerodinamis terbaik dengan perolehan angka lift to drag ratio sebesar 26,40047327.*

Kata Kunci— *Coefficient Lift, Coefficient Drag, Angle of Attack, Vortex generator (VG)*

*Kevin Oktavio Armanda

E-mail: 71.21.kevinoktavio@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Pesawat N-219 adalah jenis pesawat multifungsi bermesin dua yang saat ini tengah dirancang dan dikembangkan oleh PT Dirgantara Indonesia (PTDI). Pesawat ini didesain untuk dapat dioperasikan di daerah-daerah terpencil. Sebagian besar badan N-219 ini terbuat dari logam dan dirancang untuk mengangkut penumpang maupun kargo. Menurut Pribadi & Hidayat, Pesawat yang dibuat dengan memenuhi persyaratan FAR 23 ini dirancang untuk memiliki volume kabin terbesar di kelasnya dan pintu fleksibel yang memastikan bahwa pesawat ini bisa dipakai untuk mengangkut penumpang dan juga kargo. Pesawat N-219 adalah pesawat angkut ringan yang dirancang oleh PT DI yang memiliki kemampuan STOL pada ketinggian 5,000 ft [1]. Pesawat ini digerakkan menggunakan 2 mesin turboprop dengan kecepatan maksimum 210 knot.

Wing merupakan bagian pesawat yang berfungsi penghasil gaya angkat ketika bergerak terhadap aliran udara karena bentuknya *airfoil*. Peran *wing* yang sangat penting yaitu menjaga agar *lift* tidak sampai hilang (*stall*) dan menjaga aliran udara yang melewatinya tetap stabil sehingga alirannya tetap laminar dan mengurangi terjadinya *vortex*. *Vortex* disebabkan oleh “*downwash*” di *trailing edge* dari sayap yang bertemu dengan udara yang mengalir di bawah sayap. Karena itu, ada banyak komponen pendukung yang dapat digunakan untuk mempertahankan kondisi tersebut. Seperti penambahan *stall fence* (pagar sayap) [2]. Salah satu upaya untuk dapat mempertahankan aliran udara pada sayap agar performa dari pesawat N-219 dapat maksimal dalam melaksanakan operasi penerbangan perintis pada medan-medan dataran tinggi ialah dengan pemasangan *vortex generator*.

Pesawat N-219 merupakan pesawat perintis yang mana akan sering melakukan operasional pada landas pacu yang pendek dan terbang melewati medan sulit seperti pegunungan dan dataran tinggi. Untuk meningkatkan performa pesawat N-219 saat fase terbang *cruise*, *climbing*, terutama saat lepas landas pada *short runway* dengan gaya angkat dan sudut serang lebih tinggi, penulis melakukan pengujian terhadap sayap pesawat N-219 dengan menambahkan *vortex generator*. Bentuk *vortex generator* yang akan diuji adalah *rectangular VG*.

II. LANDASAN TEORI

Vortex generator adalah komponen kecil berbentuk sirip (*fin*) yang ditempatkan di atas permukaan sayap dan *stabilizer* yang bertujuan untuk memodifikasi aliran di sekitar permukaan yang menciptakan *boundary layer* untuk menunda terjadinya pemisahan aliran (*airflow separation*) dan *stall* [3]. *Vortex generator (VG)* dapat meningkatkan *performance* dari pesawat, terutama pada saat kecepatan terbang rendah, *climb* (terbang menanjak), dan sudut serang yang tinggi [4]. *Vortex generator* memiliki beragam bentuk. Umumnya *vortex generator* yang kerap kali dipakai adalah *vortex generator* jenis *triangular VG*, *ogive VG*, *parabolic VG*, *rectangular VG*, dan *gothic VG*.

A. Spesifikasi Pesawat N-219

Pesawat N-219 sebagai pesawat perintis merupakan moda transportasi yang cocok untuk dioperasikan ditujukan untuk membuka, meningkatkan pertumbuhan ekonomi Masyarakat, dan memelihara pertahanan dan keamanan daerah-daerah terpencil. Berikut merupakan spesifikasi lebih rinci tentang muatan dan dimensi pesawat N-219 Nurtanio:

❖ Karakteristik Umum

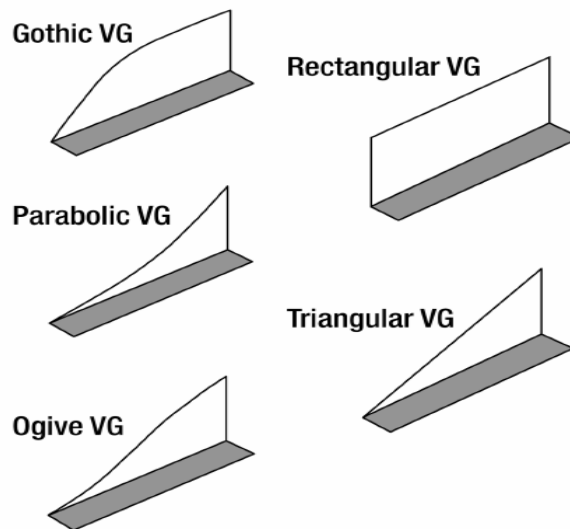
- Kapasitas penumpang: 17-19 orang
- Kapasitas muatan: 2.313 kg
- Panjang badan: 16,49 meter
- Rentang sayap: 19,50 meter
- Tinggi kabin: 1,7 meter
- Lebar kabin: 1,8 meter
- Berat lepas landas maksimum (MTOW): 7.030 kg
- Maksimal berat pendaratan: 6.940 kg
- Maksimal kapasitas bahan bakar: 1.600 kg
- Jangkauan maksimum dengan bahan bakar maksimum: 1.533 km
- Muatan maksimum: 2.313 kg
- Jarak lepas landas: 435 meter
- Jarak pendaratan: 509 meter
- Mesin: Pratt & Whitney PT6A-42, 850 *Shaft Horse Power (SHP)*
- Propeller: Hartzel, 4 bilah baling-baling.

❖ Prestasi Terbang

- Kecepatan stall: 59 Kts
- Kecepatan jelajah ekonomis: 170 Kts
- Kecepatan jelajah maksimum: 210 Kts
- Jangkauan dengan 19 penumpang: 480 NM
- Jangkauan dengan bahan bakar maksimum: 828 NM
- Ketinggian operasi: 10.000 kaki (3.048 meter)
- Kecepatan jelajah maksimum: 388,82 km/jam

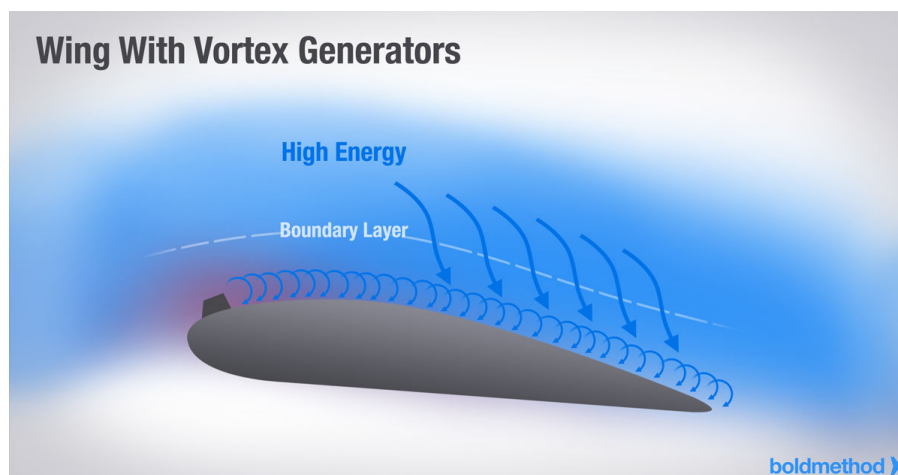
B. Vortex Generator

Vortex generator adalah komponen kecil berbentuk sirip (*fin*) yang ditempatkan di atas permukaan sayap dan stabilizer yang bertujuan untuk memodifikasi aliran di sekitar permukaan yang menciptakan boundary layer untuk menunda terjadinya pemisahan aliran (*airflow separation*) dan *stall*. *Vortex generator* (VG) dapat meningkatkan *performance* dari pesawat, terutama pada saat kecepatan terbang rendah, *climb* (terbang menanjak), dan sudut serang yang tinggi [1] *Vortex generator* memiliki beragam bentuk. Umumnya *vortex generator* yang kerap kali dipakai adalah *vortex generator* jenis *triangular VG*, *ogive VG*, *parabolic VG*, *rectangular VG*, dan *gothic VG*.

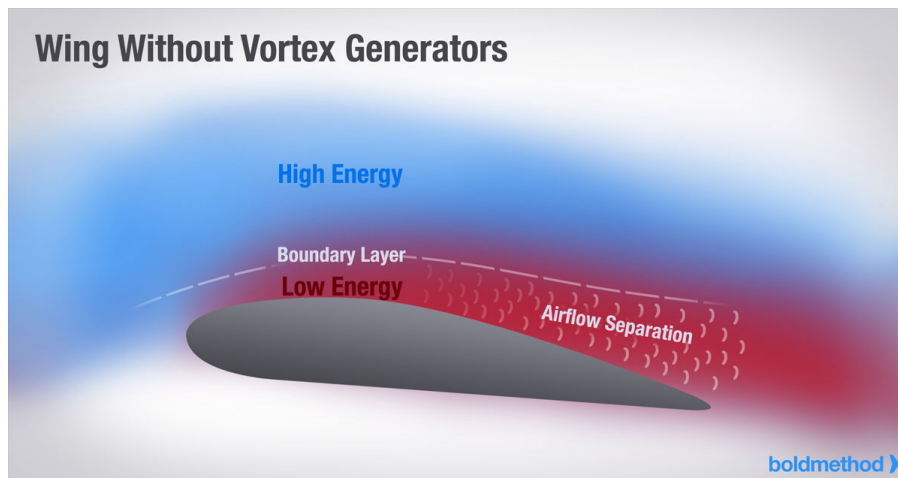
Gambar 1. Jenis-jenis *Vortex Generator*

C. *Boundary Layer*

Lapisan batas (*Boundary layer*) adalah daerah dimana aliran fluida mengalami hambatan karena adanya tegangan geser yang besar pada permukaan sebuah benda, sehingga partikel-partikel fluida terpaksa berhenti pada sekitar permukaan benda karena gesekan viskos. Misalkan ada aliran seragam sebuah fluida tak dapat mampat mendekati pelat dengan kecepatan *freestream*. Ketika fluida mencapai tepi sebelah depan, tegangan geser yang besar terbentuk dekat dengan permukaan pelat karena partikel-partikel fluida yang tiba disitu terpaksa berhenti dan partikel-partikel yang cukup dekat dan normal terhadap pelat dihambat oleh geseran viskos [5].

Gambar 2. Aliran fluida pada sayap dengan *vortex generator*

Proses pembentukan lapisan batas yang mengalami transisi dapat dilihat pada gambar berikut. Ketika aliran melintasi plat datar, pada bagian depan partikel fluida yang cukup dekat terhadap plat dihambat oleh adanya tegangan geser yang besar. Lapisan batas menebal dalam arah yang sama dengan arah aliran. Pada lapisan batas ini terjadi perubahan kecepatan dari nol di permukaan pelat hingga mendekati harga kecepatan *freestream* pada jarak δ yang semakin jauh semakin besar. Begitu lapisan batas mulai menebal, ketidakstabilan pun terjadi dan mengakibatkan pencampuran partikel (gerak acak) dan perubahan momentum dalam fluida hingga menyebabkan terbentuknya lapisan batas turbulenta. Pada lapisan batas turbulenta, profil kecepatan yang terbentuk lebih tebal dengan gradien kecepatan di permukaan pelat dan tegangan gesernya lebih tinggi daripada kondisi laminar maupun transisi [5].



Gambar 3. Aliran fluida pada sayap tanpa *vortex generator*

D. Perhitungan Karakteristik Aerodinamika

Lift (Gaya angkat) adalah gaya yang berfungsi untuk melawan gaya berat yang dihasilkan efek dinamis dari udara yang beraksi di sayap dan beraksi tegak lurus pada arah penerbangan melalui *center of lift* dari sayap [6]. *Lift* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$L = \frac{C_L \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S}{2} \quad (1)$$

$$C_L = \frac{L}{q S} \quad (2)$$

Drag adalah gaya ke belakang, menarik mundur yang disebabkan oleh gangguan aliran udara oleh sayap, fuselage, dan objek-objek lain. *Drag* kebalikan dari *thrust* dan beraksi ke belakang parallel dengan arah angin relative [6]. *Drag* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = \frac{C_D \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S}{2} \quad (3)$$

$$C_D = \frac{D}{q S} \quad (4)$$

Dimana q adalah tekanan dinamik yang besarnya :

$$Q = \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (5)$$

Keterangan :

- L : Lift (N)
- C_L : Coefficient Lift
- D : Drag (N)
- C_D : Coefficient Drag
- ρ : Massa Jenis (kg/m^3)
- V : Kecepatan Relatif (m/s)
- S : Luas Sayap (m)

III. METODOLOGI PENELITIAN

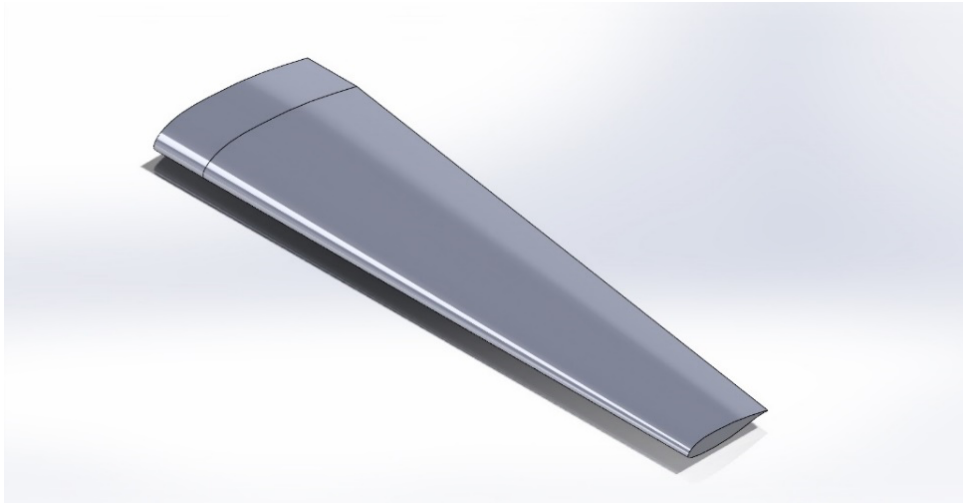
A. Metode Penelitian

Pengujian ini menggunakan software *Computational Fluid Dynamics* yaitu *ANSYS Fluent*. Melalui software tersebut akan dilakukan kalkulasi untuk memperoleh nilai data perbandingan dari masing-masing sayap uji yang meliputi variabel *Lift Force* dan *Drag Force*. Hasil perolehan kalkulasi tersebut kemudian dilakukan perhitungan menggunakan rumus terlampir untuk memperoleh nilai dari *Coefficient Lift*, *Coefficient Drag*, dan *Lift to Drag Ratio*.

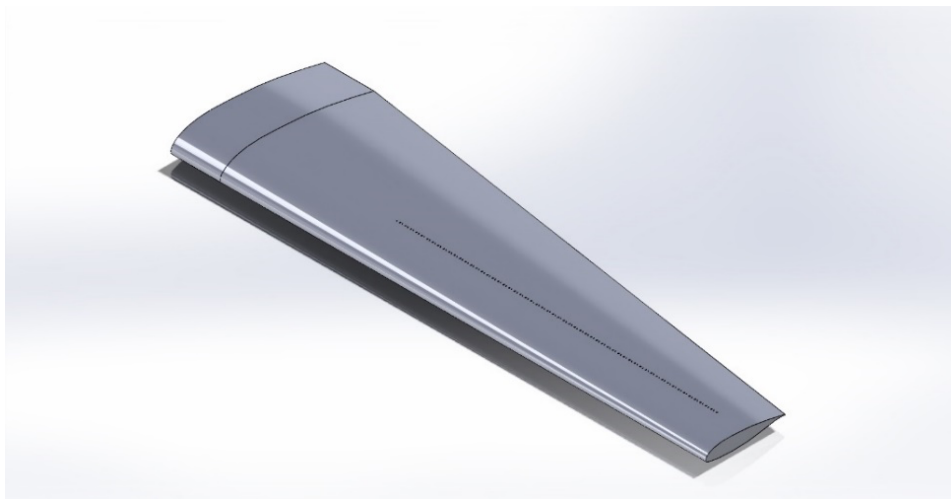
B. Geometri Model Sayap dan Vortex Generator

1. Model Sayap Pengujian

Model sayap yang dipakai dalam pengujian ini adalah sayap N-219 tanpa *vortex generator* dan sayap N-219 dengan penambahan *vortex generator*. Ukuran skala yang dipakai adalah 1:1. Variasi pengujian ini dibedakan menjadi tiga variasi posisi pemasangan *vortex generator* pada sayap pesawat.



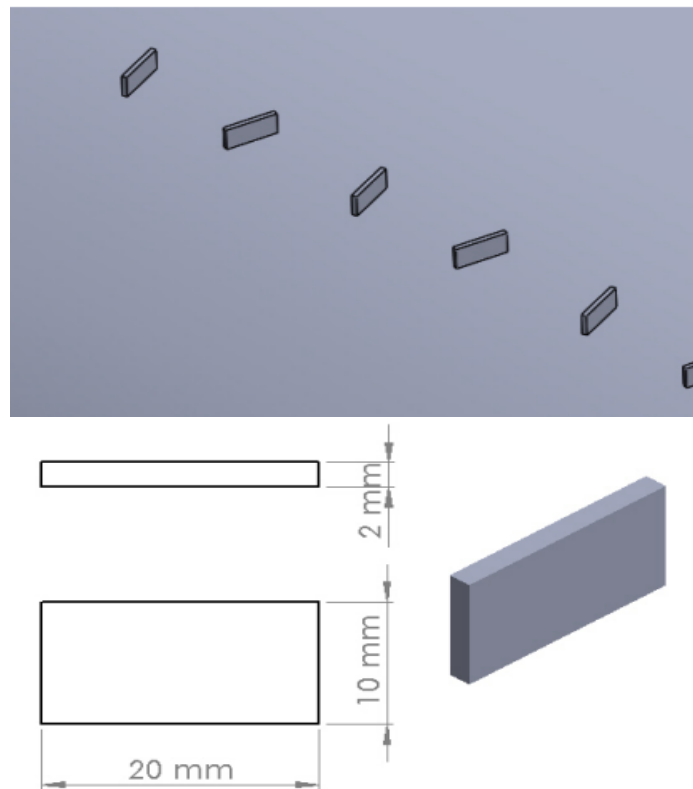
Gambar 4. Sayap N-219 tanpa *vortex generator*



Gambar 5. Sayap N-219 dengan *vortex generator*

2. Model *Vortex Generator*

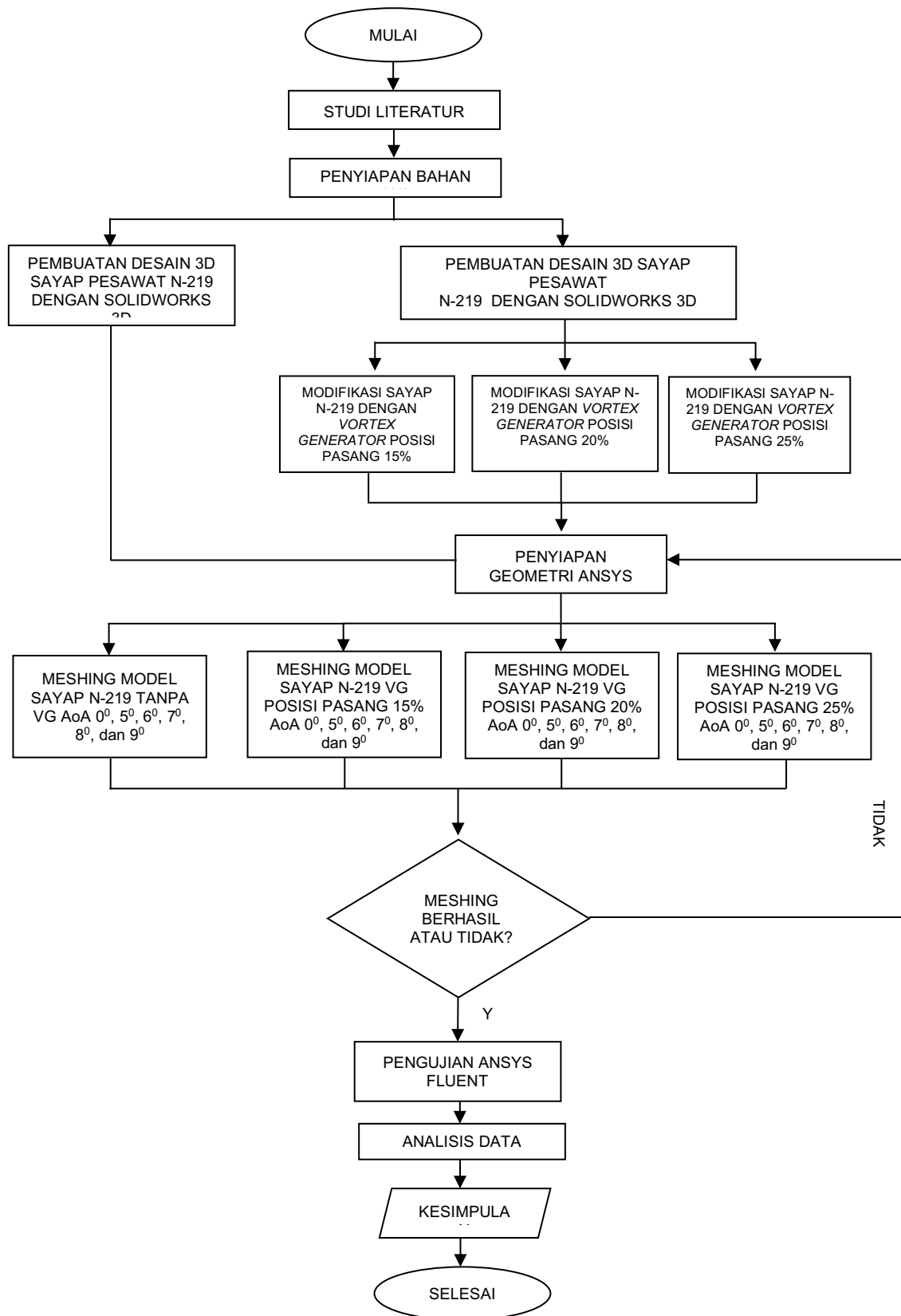
Jenis *vortex generator* yang dipasangkan pada sayap pesawat adalah jenis *vortex generator* bentuk *rectangular*. Dengan geometri yang mengacu pada referensi penelitian dari Herdiana & Hartono tahun 2020 [3]. Lalu untuk posisi pemasangan divariasikan sama yaitu 15%, 20%, dan 25% dari *leading edge wing tip* sayap pesawat.

Gambar 6. Desain 3D *vortex generator rectangular* [3]TABEL 1
VARIASI POSISI PASANG *VORTEX GENERATOR*

JENIS	UKURAN
Posisi Pasang 15%	0,42075 m
Posisi Pasang 20%	0,561 m
Posisi Pasang 25%	0,70125 m
Jarak Pasang VG dari <i>chord root</i>	1,8 m
Jarak Pasang VG dari <i>chord tip</i>	0,5 m

C. Penulisan Flowchart

Berikut adalah tahapan-tahapan proses pengujian ini secara garis besar yang akan ditampilkan dalam bentuk diagram alir atau *flowchart*.



Gambar 7. Diagram alir

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

Jenis vortex generator yang akan dipasangkan pada sayap pesawat N-219 ini adalah vortex generator berbentuk rectangular dengan variabel posisi pasang 15%, 20%, dan 25% dari chord root. Dengan demikian terdapat 4 jenis penelitian yang dilakukan yaitu pengujian sifat aerodinamika sayap pesawat N-219 tanpa vortex generator dan dengan penambahan vortex generator 3 variasi posisi pasang tadi.

A. Kalkulasi Data Pengujian

Diketahui sayap pesawat N-219 tanpa penambahan *Vortex generator* memiliki luas penampang sayap sebesar m^2 disimulasikan sedang terbang cruise ($AoA = 0^\circ$) dengan kecepatan rendah 88 m/s dengan perolehan gaya angkat sebesar 3868,787 N dan gaya hambat sebesar 200,4676 N. Besar nilai massa jenis udara adalah $1,225 \text{ kg/m}^3$. Luas sayap atau Span sayap adalah $20,75 \text{ m}^2$. Dari nilai yang sudah diketahui diatas maka dapat dihitung sebagai berikut.

$$Q = \frac{1}{2} \rho V^2 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 88^2 = \frac{1}{2} \times 1,225 \times 7744 = 4743,2$$

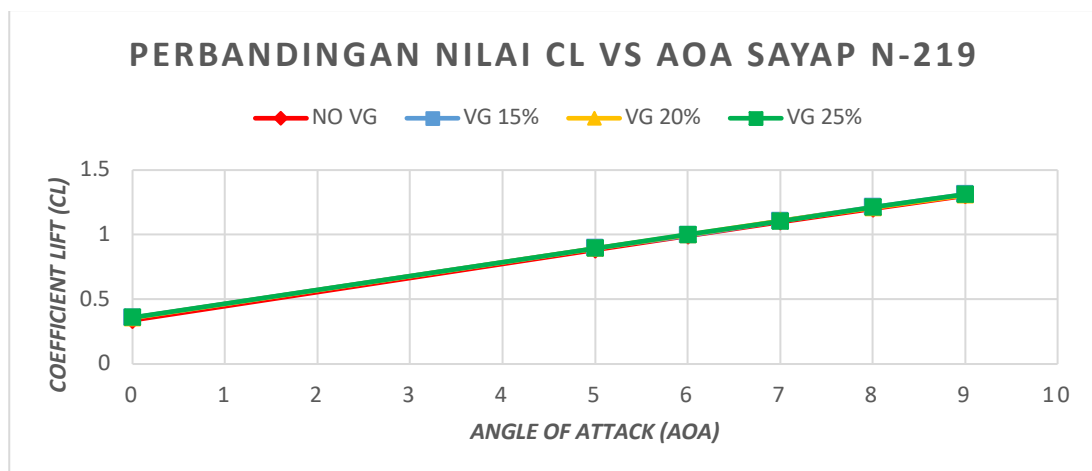
$$C_L = \frac{L}{q S} = \frac{33315,38}{4743,2 \times 20,75} = \frac{33315,38}{98421,4} = 0,33849732$$

$$C_D = \frac{D}{q S} = \frac{1582,668}{4743,2 \times 20,75} = \frac{1582,668}{98421,4} = 0,01608053$$

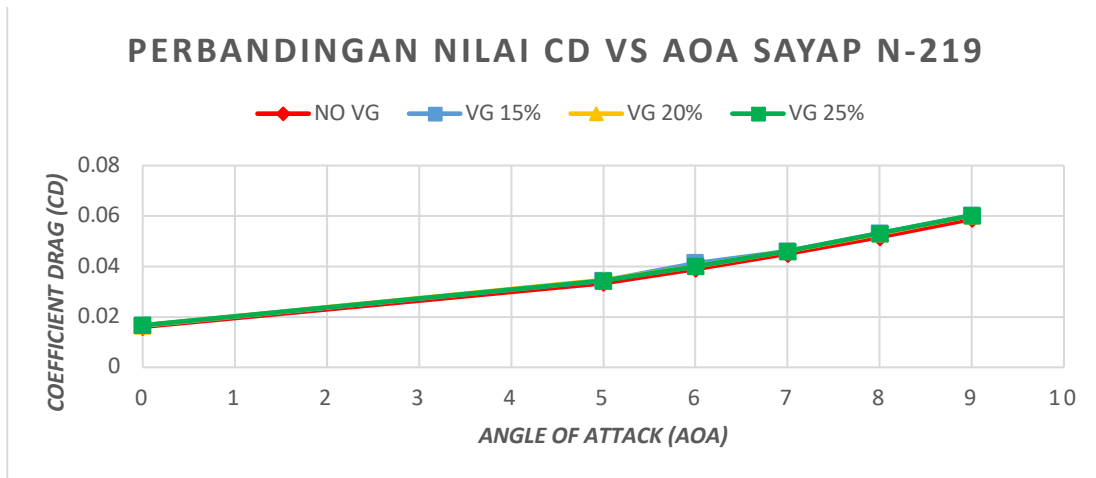
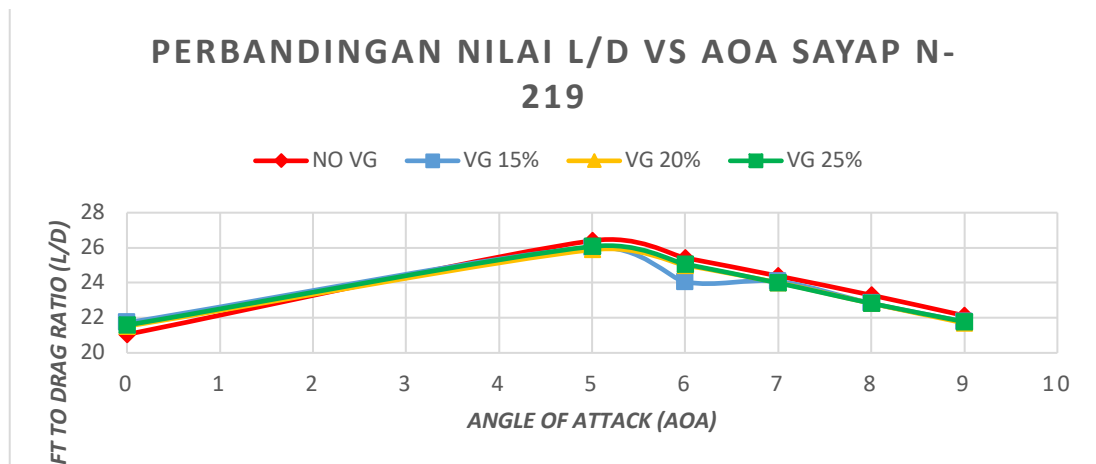
$$L/D = \frac{L}{D} = \frac{33315,38}{1582,668} = 21,0501381$$

B. Pembahasan

Setelah diperoleh seluruh data tiap-tiap model sayap uji maka akan disusun grafik tiap variabel yang diperhitungkan sehingga dapat dibandingkan bagaimana sifat aerodinamis atau keunggulan dari masing-masing model sayap uji. Grafik-grafik tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Grafik Perbandingan nilai C_L Sayap N-219

Grafik Perbandingan nilai C_D Sayap N-219

Grafik Perbandingan nilai L/D Sayap N-219

V. KESIMPULAN

Sayap N-219 dengan penambahan vortex generator memberikan efisiensi aerodinamika terbaik pada saat pesawat tersebut dalam keadaan terbang cruise. Pemasangan vortex generator pada sayap N-219 memberikan efisiensi aerodinamika terbaik pada variasi posisi pasang 15%. Hal ini ditunjukkan dari adanya perolehan nilai L/D sebesar 21,72306995. Ke depannya agar penelitian serupa divariasikan untuk besar kecepatan, jenis bentuk vortex generator, dan posisi pasang generator yang lebih bervariasi sehingga didapat lebih banyak data Untuk mendapat sifat aerodinamika yang lebih spesifik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Naskah penelitian ini disusun dengan bantuan dari berbagai pihak yang membantu untuk penyelesaiannya. Untuk itu, penyusun pada kesempatan ini mengucapkan terimakasih dan rasa hormat setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT Tuhan Yang Maha Kuasa atas rezeki dan nikmat yang diberikan hingga dapat menyelesaikan naskah tugas akhir ini.
2. Marsekal Muda TNI Dr. Ir. Purwoko Aji Prabowo, M.M., M.D.S sebagai Gubernur Akademi Angkatan Udara yang telah memberikan dukungan dan motivasi untuk menyelesaikan naskah tugas akhir ini.
3. Kolonel Tek Isa Hidayat, S.T, M.T sebagai Kepala Departemen Aeronautika Akademi Angkatan Udara yang telah membantu dengan baik secara langsung maupun tidak langsung untuk selesainya penyusunan naskah tugas akhir ini.
4. Mayor Tek Sya'ban Tri H., S.T., M.Eng. Mgt selaku Dosen Pembimbing yang telah mengarahkan, membimbing dan meluangkan waktu, pemikiran serta tenaga sehingga dapat menyelesaikan naskah tugas akhir ini dengan baik.
5. Seluruh rekan-rekan Taruna tingkat IV yang selalu memberikan motivasi dan semangat penyusun dalam menyelesaikan naskah tugas akhir ini.

REFERENSI

- [1] Romadhon, A., & Herdiana, D. (2017). Analisis CFD Karakteristik Aerodinamika Pada Sayap Pesawat LSU-05 Dengan Penambahan *Vortex generator*. *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 45-57.
- [2] Aribowo, A., Pinindriya, S. T., Hakim, T. I., & Pramutadi, A. M. (2012). Perancangan Wingtip Device Pesawat N-219 Untuk Meningkatkan Efisiensi Sayap. *Prosiding SIPTEKGAN XVI*, 277-287.
- [3] Herdiana, D., & Hartono, F. (2020). Analisis Bentuk *Vortex generator* Untuk Sayap Pesawat LSU-05 Menggunakan Metode Numerik . *Jurnal Teknologi Dirgantara*, 15-29.
- [4] Hanif, I., Jatisukanto, G., & An Nafi, A. A. (2017). Pengaruh Sudut Tekuk (CANT) Winglet Menggunakan Airfoil NACA 2215 Pada Aerodinamika Pesawat.
- [5] Hariyadi, S. (2017). Analisis Perbandingan Velocity Dan Shear Stress Perkembangan Boundary Layer Flat Plate Menggunakan Turbulent Model $k - \epsilon$ (Standard, Realizable, RNG). *Jurnal Penelitian*, 27-29.
- [6] Ma'ruf, F. (2016). Aplikasi Media Pembelajaran Mata Kuliah Aerodinamika Berbasis Flash. *Jurnal Teknik STTKD*, 31-40.
- [7] John D. Anderson. (2010).
- [8] Leandis, Anwar, K., & Hatib, R. (2022). Distribusi Tekanan Pada Airfoil NACA 23012 Dengan Penambahan *Vortex generator*. *Jurnal Ilmiah Foristek*, 58-64.
- [9] Fakhruddin, M., Wicaksono, H., Baananto, F., Firmansyah, H. I., Sari, N. P., Muzaki, M., . . . Hardyanto, N. D. (2021). Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kendedes Electric Evo 3 Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Teknik Energi*, 35-45
- [10] Ramadanny, S. G., Rabeta, B., & Supriyanto, A. (2022). Analisis Aerodinamika Pada Sayap JABIRU J430 dengan Penambahan *Vortex generator* Menggunakan Metode CFD. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 15-33.
- [11] Edfi, R. D., & Utama, I. (2018). Analisa Perubahan Gaya Angkat dan Hambatan Total Terhadap Variasi Aspect Ratio dan Winglet pada Sayap Kapal Wing in Surface Effect Menggunakan Aplikasi CFD. *Jurnal Teknik ITS*.