

PERBANDINGAN ANALISIS KESTABILAN STATIK UAV MENIRU CESSNA 172 DENGAN DAN TANPA SAYAP *MORPHING* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK XFLR5

¹Mizan Fadhilah, ²Gaguk Marausna, ³Reo Yudhono

^{1,2,3}Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta

Abstrak

Pada saat ini UAV (Unmanned Aerial Vehicle) sedang mengalami perkembangan yang begitu pesat di dalam maupun luar negeri, terdapat berbagai macam jenis UAV, namun pada artikel ini penulis membahas UAV untuk misi trainer bagi para pengguna pemula, karena untuk keperluan misi trainer maka analisis kestabilan statik perlu dilakukan agar ketika UAV saat sedang terbang kemudian mendapat gangguan luar berupa angin dan sebagainya, maka UAV tersebut dapat kembali ke posisi kesetimbangan awal setelah gangguan tersebut hilang, sehingga meringankan beban pilot untuk mengendalikan kemudi melalui remote control, pada penelitian ini menggunakan metode reverse engineering yaitu pemodelan ulang UAV meniru Cessna 172 yang sudah ada untuk dimodelkan pada perangkat lunak XFLR5 kemudian dilakukan analisis kestabilan statik, didapatkan hasil grafik sebesar -0,0157 pada matra longitudinal, -0,001 pada matra lateral dan 0,0017 pada matra directional, sedangkan jika dibandingkan dengan menerapkan konsep sayap morphing yaitu jenis sayap yang elastis pada bagian trailing edgenya, diperoleh hasil yang sangat signifikan pada matra longitudinal yaitu sebesar -0,0136 sedangkan pada matra lateral dan directional cenderung saling berhimpit, perbedaan yang sangat signifikan yang terjadi pada matra longitudinal tersebut dipengaruhi berat UAV dengan konsep sayap morphing yang memiliki massa yang lebih berat 422 gram sehingga mempengaruhi posisi center of gravity yang akan bergeser kebelang sebesar 3,4 mm, sehingga sehingga dapat mempengaruhi kestabilan UAV tersebut pada matra longitudinal, dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa UAV tanpa menggunakan konsep sayap morphing lebih stabil statik setelah dilakukan analisis pada perangkat lunak Xflr5.

Kata kunci: Unmanned Aerial Vehicle, Kestabilan statik, Xflr5.

Abstract

At this time the UAV (Unmanned Aerial Vehicle) is experiencing rapid development at home and abroad, there are various types of UAVs, but in this article the author discusses UAVs for trainer missions for novice users, because for mission trainer purposes, stability analysis static needs to be done so that when the UAV is flying and then gets outside disturbances in the form of wind and so on, the UAV can return to its initial equilibrium position after the disturbance is gone, thereby easing the burden on the pilot to control the steering through remote control, in this study using the reverse engineering method namely the remodeling of the UAV imitating the existing Cessna 172 to be modeled on the XFLR5 software then carried out a static stability analysis, the graphic results obtained were -0.0157 on the longitudinal dimension, -0.001 on the lateral dimension and 0.0017 on the directional dimension, whereas when compared by applying the wing concept morphing, namely a type of wing that is elastic on the trailing edge, very significant results are obtained on the longitudinal dimension, namely -0.0136, while the lateral and directional dimensions tend to coincide with each other, a very significant difference that occurs in the longitudinal dimension is influenced by the weight of the UAV with the concept the morphing wing which has a heavier mass of 422 grams so that it affects the position of the center of gravity which will shift backwards by 3,4 mm, so that it can affect the stability of the UAV in the longitudinal dimension, with these results it can be concluded that the UAV without using the morphing wing concept is more stable static after analysis on Xflr5 software.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Static stability, Xflr5.

Pendahuluan

Keberadaan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) atau drone di Indonesia pada saat ini sedang berkembang pesat, yang awalnya UAV digunakan hanya untuk pengintaian pada bidang militer (Stecz dan Gromada, 2020), namun pada saat ini seiring dengan berkembangnya teknologi yang pesat maka kegunaan UAV menjadi sangat beraneka ragam dalam membantu tugas manusia dan sudah meluas

¹Email Address: mizanfadhillah@gmail.com

Received 21 April 2023, Available Online 30 Juli 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.753>

penggunaannya ke berbagai sektor bidang seperti, pertanian sebagai penyemprotan hama (Windayani dan Hartono, 2020), fotografi udara (Suroso, 2018), *mapping* (Aljehani dan Inoue, 2019), membantu evakuasi korban bencana alam (Nagasawa, *et.al*, 2021) dan lain sebagainya, pada umumnya UAV dibagi kedalam 2 jenis yaitu *fixed wing* dan *multi rotor*, UAV *fixed wing* hanya memiliki satu penggerak atau *motor brushless* sedangkan UAV *multi rotor* terdiri dari empat atau lebih penggerak berupa *propeller* yang dihubungkan dengan *motor brushless*, pada UAV *fixed wing* lebih efisien dalam penggunaan energi jika dibandingkan dengan *multi rotor*, namun penggunaan *multi rotor* memiliki keunggulan tersendiri salah satunya lebih stabil sehingga banyak diterapkan untuk misi pemotretan udara (Suroso, 2018).

Pada artikel jurnal ini penulis menggunakan UAV jenis *fixed wing* yaitu UAV meniru Cessna 172 untuk keperluan misi *trainer* yang diperuntukkan untuk pengguna pemula, dikarenakan untuk misi *trainer* bagi pemula dan terbang dengan ketinggian yang relatif lebih rendah dalam artian ketinggian terbangnya masih dalam jangkauan dari pilot yang mengendalikannya melalui *remote control*, maka dari itu UAV tersebut dituntut harus stabil terlebih bentuk dari geometri UAV tersebut menyerupai pesawat latih Cessna 172 maka yang perlu diperhatikan adalah terkait dari kestabilannya, sehingga analisis kestabilan statik perlu dilakukan untuk memastikan agar pesawat UAV yang telah dibuat tersebut stabil statik sehingga memudahkan bagi pilot untuk mengendalikan UAV nya saat UAV mendapat gangguan dari luar berupa angin dan sebagainya sehingga pesawat dapat kembali ke posisi kesetimbangan awalnya.

Dengan perbandingan UAV meniru Cessna 172 tanpa dan dengan menerapkan konsep sayap *morphing*, sayap *Morphing* adalah bentuk sayap yang lebih elastis ketika berdefleksi tepatnya pada bagian *trailing edge* dari sayap pesawat, disamping itu memiliki struktur yang lebih ringan jika diterapkan pada pesawat komersial dalam skala yang besar karena menghilangkan suatu komponen sayap lainnya yaitu *flap track fairing* yaitu suatu bagian dari sayap pesawat terbang berupa *actuator* yang diberi *fairing* yang berfungsi untuk membantu pergerakan turun dan kembalinya *flap* pesawat terbang (Ozel *et al.*, 2020). Aplikasi sayap *morphing* berpotensi mempengaruhi konsumsi efisiensi bahan bakar sekitar 3-5% yang diakibatkan oleh pengurangan berat konstruksi sayap pesawat terbang (Fasel *et al.*, 2020). Dengan penambahan konsep sayap *morphing* pada UAV meniru Cessna 172 yang dimodelkan pada perangkat lunak Xflr5 diharapkan luaran dari analisis kestabilan statik dapat berbeda sehingga dapat diperoleh perbandingan dari kedua model UAV tersebut.

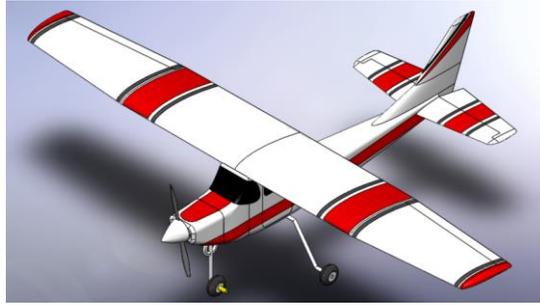
Sehingga dicapai tujuan dari rumusan masalah yang ditetapkan dalam penelitian ini diantaranya mengetahui model bentuk UAV yang akan dianalisis, mengetahui kestabilan statik UAV yang dimodelkan setelah dilakukan analisis kestabilan statik menggunakan perangkat lunak Xflr5, dan mengetahui perbandingan yang mempengaruhi kestabilan statik antara UAV tanpa dan dengan menggunakan konsep sayap *morphing* dengan asumsi sayap *morphing* yang lebih berat dari UAV tanpa sayap *morphing*, hal ini mengacu pada hasil penelitian MBKM (Merdeka Belajar Kampus Merdeka) Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta bulan Maret hingga Agustus 2022, dengan menggunakan metode *reverse engineering* untuk memodelkan UAV meniru Cessna yang sudah ada yaitu dari hasil kegiatan MBKM tersebut untuk dilakukan pemodelan pada perangkat lunak Xflr5 yang nantinya akan dianalisis guna mencapai kestabilan statik pada matra *longitudinal*, *lateral*, dan *directional*.

Tinjauan Pustaka

Unmanned Aerial Vehicle

Salah satu bentuk wahana terbang yang sedang mengalami perkembangan yang cukup pesat di masa sekarang adalah UAV atau *drone* (Sugandi *et.al*, 2018), *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau *drone* adalah sebuah wahana terbang tanpa awak yang dapat terbang di udara dikendalikan oleh seorang

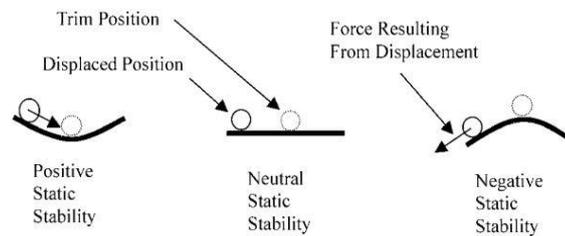
pilot melalui *remote control* dari jarak jauh yang berada di *ground* (Lesalli dan Cahyono, 2020).



Gambar 1. UAV meniru Cessna 172

Kestabilan Statik

Kestabilan statik pada pesawat terbang adalah ketika terjadi gangguan suatu pesawat memiliki kecenderungan untuk kembali ke kondisi kesetimbangan awal setelah gangguan tersebut hilang (Federal Aviation Administration, 2018). Kestabilan terdapat dua jenis yaitu kestabilan statik dan kestabilan dinamik (Nelson, 1998), kestabilan statik terdiri dari 3 macam diantaranya adalah: stabil statik (*positive stabil static*), stabil netral (*neutral stabil static*) dan tidak stabil statik (*negative stabil static*) (Windayani dan Hartono, 2020). Kriteria pesawat terbang yang memenuhi persyaratan kestabilan statik antara lain yaitu: apabila pada matra longitudinal nilai $c_{m\alpha} < 0$, kemudian pada matra lateral nilai dari $Ci\beta < 0$, dan pada matra *directional* memiliki nilai $Cn\beta > 0$ (Yechout, 2003).



Gambar 2. Kestabilan statik suatu objek

Sumber: (Yechout, 2003)

XFLR5

Xflr5 adalah sebuah aplikasi dari Mark Drela dan Harold Youngren yang sangat berperan penting dalam pemodelan pesawat dan analisis *airfoil* beserta turunannya (Rerung *et al.*, 2020), Xflr5 dapat digunakan untuk mendefinisikan karakteristik aerodinamika, kestabilan statik dan dinamik maupun performa pada pemodelan pesawat yang telah dibuat walaupun pemodelan dalam aplikasi ini sederhana dan terbatas akan tetapi masih banyak digunakan karena terjangkau (Kumar *et al.*, 2018).



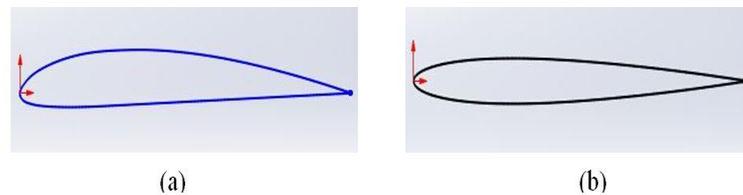
Gambar 3. Logo XFLR5

Sumber: (Rerung, et al., 2020)

Metode Penelitian

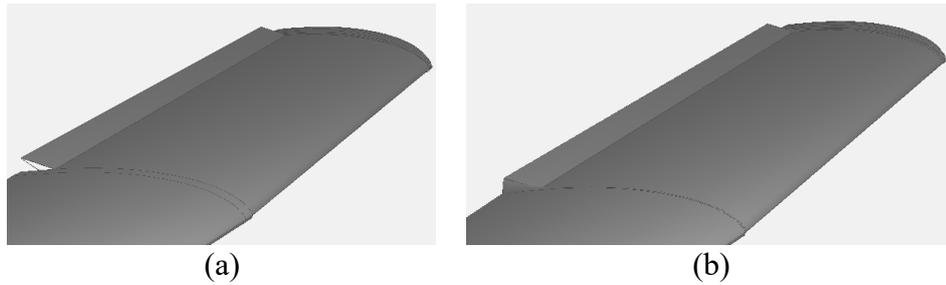
Rancangan penelitian ini menggunakan metode *reverse engineering* untuk pemodelan wahana terbang atau UAV yang dibuat serta menggunakan perangkat lunak XFLR5 untuk memperoleh kestabilan wahana terbang yang telah didesain, metode *reverse engineering* adalah proses rekayasa balik atau pengamatan mundur dengan tujuan menganalisa produk yang sudah ada sebagai referensi dalam pengembangan karya yang sama dengan meningkatkan kualitas karya tersebut (Wibowo, 2006).

Wing dari UAV menggunakan *airfoil* jenis *Clark Y*, dengan alasan *airfoil* tersebut memiliki bentuk geometri yang sederhana dan banyak diaplikasikan pada pesawat kebanyakan UAV *fixed wing*, selain itu jenis *airfoil* tersebut mampu meminimalkan *drag* ketika sedang terbang (Ohashi *et al.*, 2020), serta *airfoil* jenis ini dapat memberikan *coefficient lift* yang lebih tinggi dari jenis lainnya sehingga dapat cepat menghasilkan gaya angkat pada sudut serang minimum (Dhafin *at al.*, 2019). Sementara itu bagian *tail* (*vertical* dan *horizontal stabilizer*) menggunakan jenis *airfoil* NACA 0009 dengan alasan simetris antara bagian *upper* dan *lower surface* sehingga cocok diaplikasikan pada bagian *tail* (GÖRGÜLÜ *at al.*, 2021). Pada Gambar 4(a) merupakan bentuk *airfoil* jenis *Clark-Y* sedangkan pada Gambar 4(b) adalah bentuk geometri dari *airfoil* jenis NACA 0009.



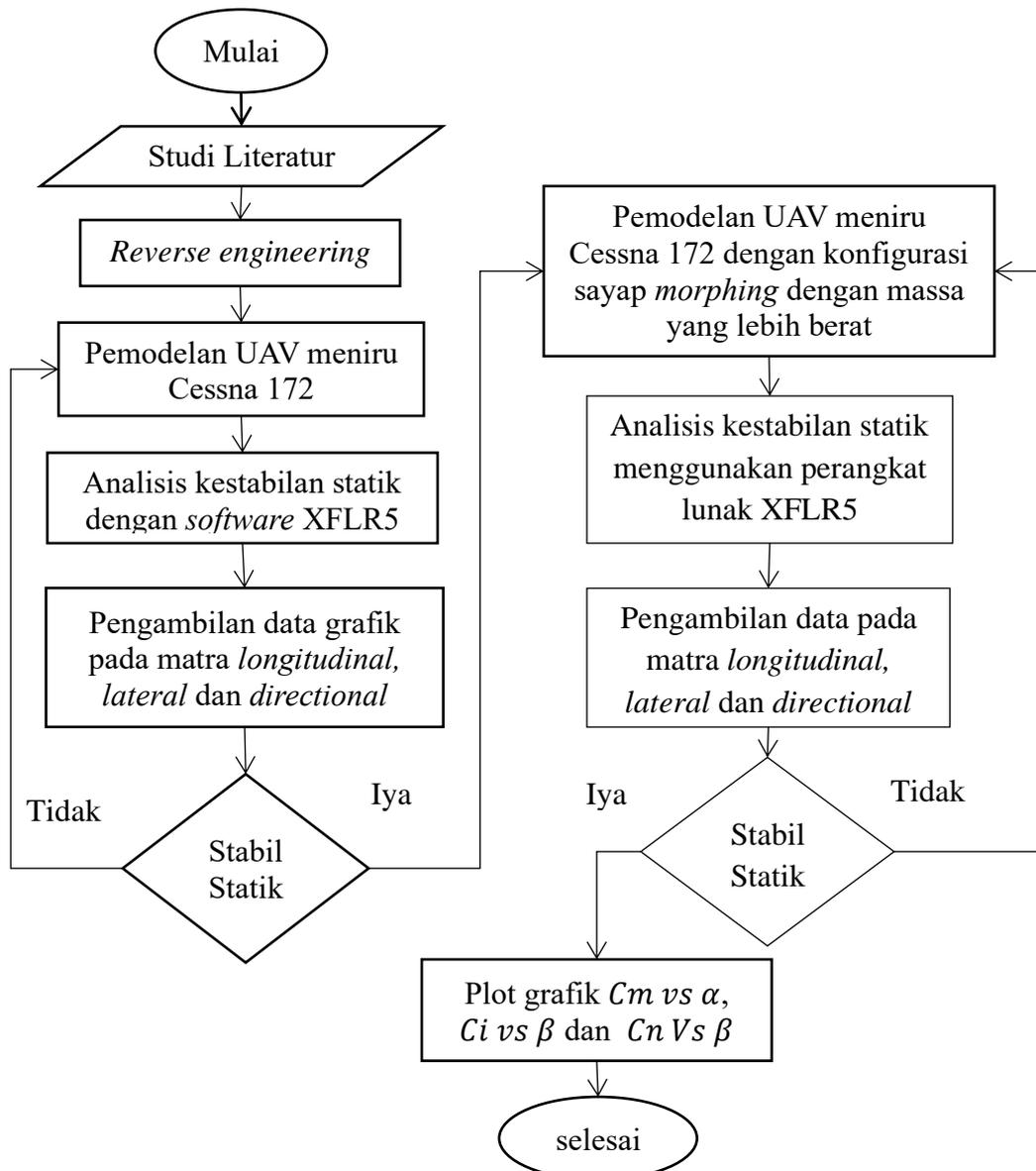
Gambar 4. Airfoil yang dipakai pemodelan UAV

Pada Gambar 5(a) merupakan bentuk dari sayap UAV tanpa konfigurasi sayap *morphing* pada saat terjadi defleksi *aileron* sebesar -20° , sementara itu pada Gambar 5(b) adalah bentuk sayap UAV ketika mengalami defleksi yang sama seperti Gambar 5(a), dari kedua model sayap tersebut dapat dilihat perbedaan dari kedua sayap tersebut, untuk sayap UAV dengan konsep sayap *morphing* tidak terdapat celah atau *skin surface* dari sayap tetap menyatu ketika terjadi defleksi.



Gambar 5. Perbedaan sayap UAV ketika berdefleksi

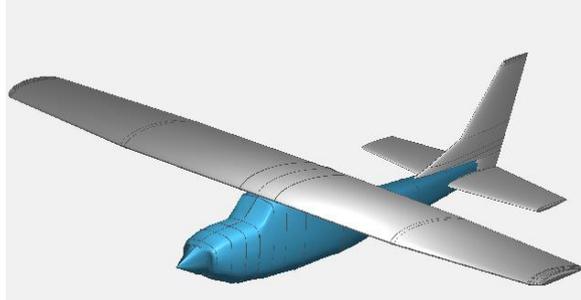
Untuk proses dan keberlangsungan dari penelitian ini dari awal hingga akhir, dapat dilihat pada diagram alir Gambar 6 berikut:



Gambar 6. Flowchart penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 7 menunjukkan bentuk dari UAV hasil *reverse engineering* yang berbentuk hampir menyerupai pesawat latih Cessna 172, dengan berat 1650 gram, dengan panjang *fuselage* 790 mm, bentang sayap 140 mm, menggunakan *motor brushless* 1000 KV dan propeller berukuran 9 x 6 *inch*.



Gambar 7. Pemodelan UAV dengan XFLR5

Pada Tabel 1 merupakan spesifikasi dari pemodelan UAV melalui perangkat lunak XFLR5 setelah seluruh komponen berat dimasukkan.

Tabel 1. Spesifikasi UAV meniru Cessna 172

Nama	Dimensi	unit
b	1400	mm
S	0,262	m^2
W_{UAV}	1,650	Kg
W/S	6,309	kg/m^2
mac	0,189	m
AR	7,495	
λ	0,595	
<i>Root-tip sweep</i>	2,556	derajat
COG.x	0,2941	m
COG.z	-0,0032	m

Tabel 2 merupakan spesifikasi dari pemodelan UAV meniru Cessna 172 dengan menerapkan konsep sayap *morphing* melalui perangkat lunak XFLR5 setelah seluruh komponen berat dimasukkan, terdapat perbedaan berat dari sayap pesawat UAV ini dengan selisih 422 gram lebih berat UAV dengan konsep sayap *morphing*.

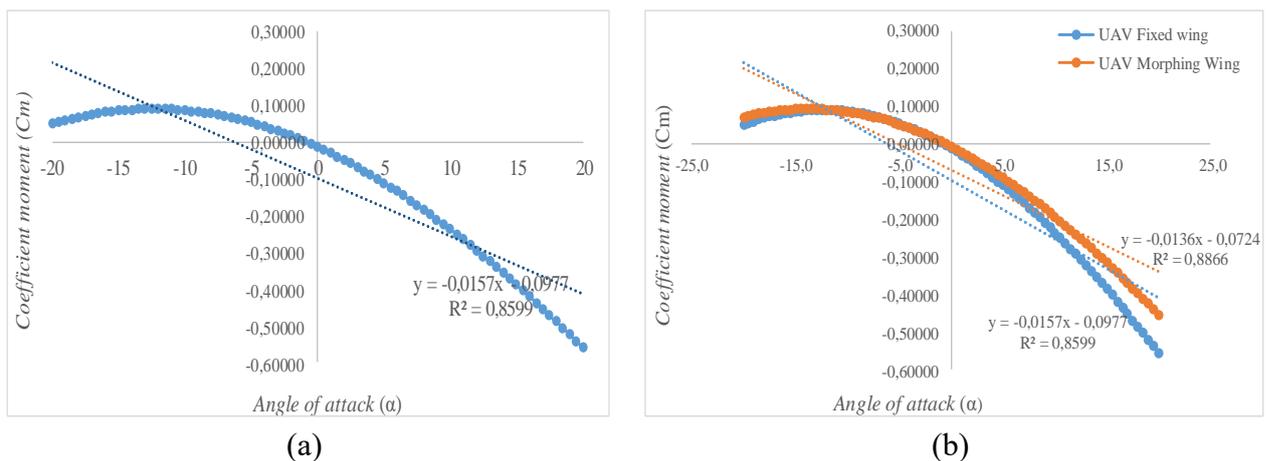
Tabel 2. Spesifikasi UAV meniru Cessna 172 dengan konfigurasi sayap *morphing*

Nama	Dimensi	Unit
b	1400	mm
S	0,262	m^2
W_{UAV}	2,072	Kg
W/S	7,912	kg/m^2
mac	0,189	m
AR	7,484	
λ	0,595	
<i>Root-tip sweep</i>	2,556	derajat

Nama	Dimensi	Unit
COG.x	0,2975	m
COG.z	0,01398	m

Kestabilan statik matra *longitudinal*, ditunjukkan pada Gambar 8(a) dan (b), pada Gambar 8(a) adalah kestabilan statik matra *longitudinal* untuk UAV meniru Cessna 172 tanpa menggunakan konfigurasi sayap *morphing*, diperoleh nilai sebesar -0,0157 dengan korelasi negatif dengan regresi 0,8599, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa UAV meniru Cessna 172 yang telah dimodelkan tersebut memenuhi kriteria kestabilan statik matra *longitudinal*, sehingga UAV tersebut dinyatakan stabil.

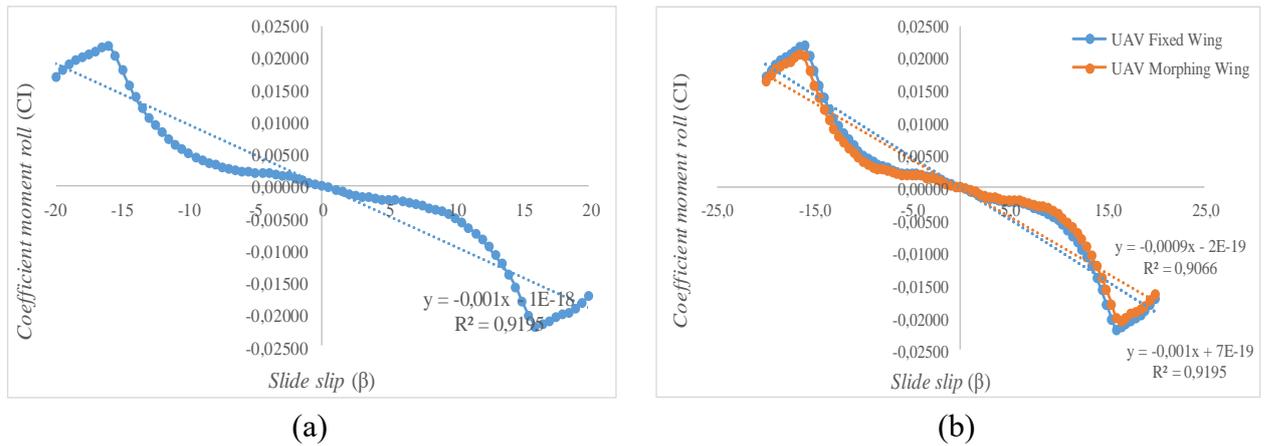
Sedangkan pada Gambar 8(b) adalah perbandingan antara UAV meniru Cessna 172 tanpa dan dengan sayap *morphing*, dengan perbandingan berat yang berbeda dengan selisih 422 lebih berat UAV dengan konsep konfigurasi sayap *morphing*, dihasilkan bahwa nilai UAV dengan menerapkan konsep sayap *morphing* sebesar -0,0136, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa UAV tanpa menggunakan konfigurasi sayap *morphing* lebih stabil dari pada UAV dengan konsep sayap *morphing*.



Gambar 8. Kestabilan statik matra *longitudinal*

Pada Gambar 9(a) merupakan grafik hasil analisis kestabilan statik matra *lateral* UAV meniru Cessna 172 tanpa konfigurasi sayap *morphing*, diperoleh hasil sebesar -0,001 dengan korelasi negatif regresi sebesar 0,9195, dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa UAV tersebut memenuhi kriteria kestabilan statik matra *lateral* dan dapat dinyatakan bahwa UAV yang dimodelkan stabil statik pada matra *lateral*.

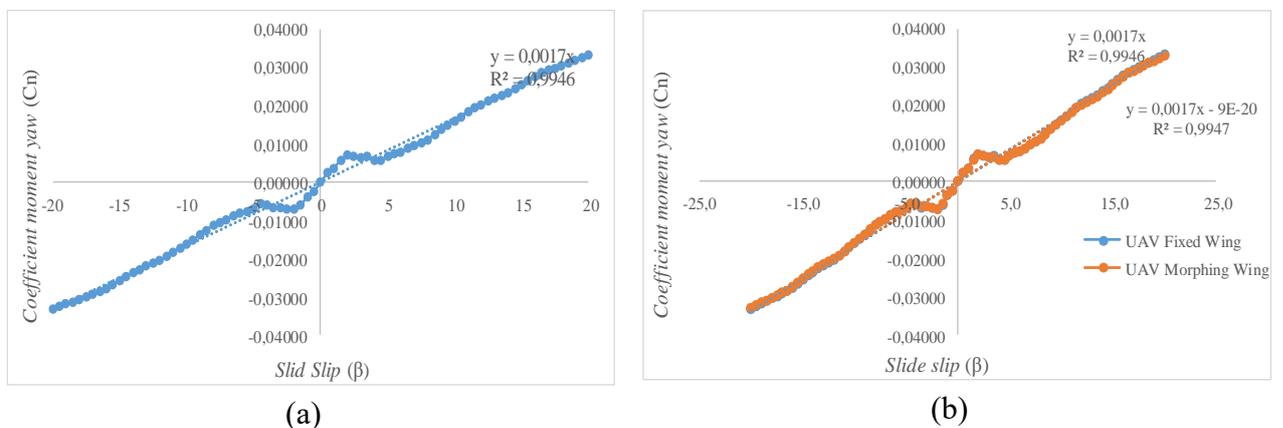
Sedangkan pada Gambar 9(b) adalah grafik perbandingan UAV tanpa dan dengan menggunakan konfigurasi sayap *morphing*, UAV dengan menerapkan konsep sayap *morphing* diperoleh hasil -0,0009, dari hasil tersebut disimpulkan bahwa UAV tanpa sayap *morphing* lebih stabil pada matra *lateral* namun pengaruh kestabilannya tersebut tidak signifikan atau dapat dianggap sama.



Gambar 9. Kestabilan statik matra *lateral*

Pada Gambar 10(a) merupakan Kestabilan statik pada matra *directional* untuk UAV meniru Cessna 172 tanpa konfigurasi sayap *morphing*, didapatkan hasil sebesar 0,0017, berdasarkan hasil tersebut maka UAV tersebut memenuhi kriteria kestabilan statik matra *directional*, sehingga dapat disimpulkan bahwa UAV tersebut dinyatakan stabil statik pada matra *directional*.

Pada Gambar 10(b) merupakan perbandingan antara UAV tanpa dan dengan menggunakan konsep sayap *morphing*, diperoleh hasil yang sama yaitu 0,0017 antara kedua UAV yang dimodelkan tersebut, sehingga tidak ada yang dikatakan lebih stabil pada matra *directional* dari kedua UAV tersebut.



Gambar 2. Kestabilan statik matra *directional*

Kesimpulan

1. Bentuk pesawat UAV hasil *reverse engineering* adalah berbentuk hampir menyerupai pesawat latih Cessna 172, dengan berat 1650 gram, dengan panjang *fuselage* 790 mm, bentang sayap 140 mm, menggunakan *motor brushless* 1000 KV dan propeller berukuran 9 x 6 *inch*.
2. UAV meniru Cessna 172 yang dimodelkan pada perangkat lunak Xflr5 dan dilakukan analisis kestabilan statik, disimpulkan bahwa UAV tersebut stabil statik pada matra *longitudinal*, *lateral* dan *directional*, dengan nilai sebesar -0,0157 pada matra *longitudinal*, -0,001 pada matra *lateral* dan 0,0017 pada matra *directional*.
3. Jika dibandingkan dengan UAV yang menerapkan konsep sayap *morphing* dengan geometri yang sama namun berat yang berbeda sebesar 422 gram lebih berat UAV dengan konsep sayap *morphing*, diperoleh hasil yang signifikan yaitu pada matra *longitudinal* yaitu -0,0136, dengan

hasil tersebut maka UAV tanpa konsep sayap *morphing* dinyatakan lebih stabil statik pada matra *longitudinal*.

Daftar Pustaka

- Aljehani, M., & Inoue, M. (2019). Performance Evaluation of Multi-UAV System in Post-Disaster Application : Validated by HITL Simulator. *IEEE Access*, 7, 64386–64400. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2917070>
- Dhafin, R. R., Hanafi, N., & Nugroho, S. (2019). Wind Tunnel Testing Pada Konvensional Flap dan Morphing Flap Clark Y Airfoil. *Prosiding SIPTEKGAN XXIII*, 127–136.
- Fasel, U., Keidel, D., Baumann, L., Cavolina, G., Eichenhofer, M., & Ermanni, P. (2020). Composite Additive Manufacturing of Morphing Aerospace Structures. *Manufacturing Letters*, 23(December), 85–88. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2019.12.004>
- Federal Aviation Administration. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Airframe* (Vol. 1).
- GÖRGÜLÜ, Y. F., ÖZGÜR, M. A., & KÖSE, R. (2021). CFD Analysis of a NACA 0009 Aerofoil at a Low Reynolds Number. *Politeknik Dergisi*, 1–8. <https://doi.org/10.2339/politeknik.877391>
- Kumar, N. T. S., Kumar, G. S., Krishna, R. S., & Sai, T. V. (2018). Conceptual Design of UAV at Low Reynolds Number and High Payload Lifting Canard Configuration. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 7(11), 19–20.
- Lesalli, P. V., & Cahyono, M. A. (2020). Longitudinal Statik Stability Analysis With Wing Swept Angle Variation of UAV Flying Wing Surveillance Adelaar 2 Use Software XFLR5. *In Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta, VI*, 35–42. <https://doi.org/10.28989/senatik.v6i0.402>
- Nagasawa, R., Mas, E., Moya, L., & Koshimura, S. (2021). Model-Based Analysis of Multi-UAV Path Planning for Surveying Postdisaster Building Damage. *Scientific Reports*, 12(1), 1–14. Retrieved from <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97804-4>
- Nelson, R. C. (1998). *Flight Stability and Automatic Control* (Second Edi). New York: McGraw-Hill.
- Ohashi, M., Morita, Y., Hirokawa, S., Fukagata, K., & Tokugawa, N. (2020). Parametric Study Toward Optimization of Blowing and Suction Locations for Improving Lift-to-Drag Ratio on a Clark-Y Airfoil. *Journal of Fluid Science and Technology*, 15(2), 1–10. <https://doi.org/10.1299/jfst.2020jfst0008>
- Ozel, C., Ozbek, E., & Ekici, S. (2020). A Review on Applications and Effects of Morphing Wing Technology on UAVs. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 1(1), 30–40. <https://doi.org/10.23890/ijast.vm01is01.0105>
- Rerung, Z. A., Sofyan, E., & Setiawan, F. (2020). ANALISIS KESTABILAN STATIK DAN DINAMIK PADA PESAWAT LSU-05 NG (LAPAN SURVEILLANCE UAV 05 NEW GENERATION) DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK XFLR5. *Teknika STTKD*, 6(2), 76–83.
- Stecz, W., & Gromada, K. (2020). UAV Mission Planning with SAR Application. *Sensors (Switzerland)*, 20(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/s20041080>
- Sugandi, T. S., Subrata, N. S. K., Arifianto, O., & Moelyadi, M. A. (2018). Prediction of Static Stability in Tandem Wing Unmanned Aerial Vehicle. *Journal of Physics: Conference Series*, 1130(1), 8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1130/1/012028>
- Suroso, I. (2018). Analisis Peran Unmanned Aerial Vehicle Jenis Multicopter Dalam Meningkatkan Kulaitas Fotografi Udara Di Lokasi Jalur Selatan Menuju Calon Bandara Baru Di Kulonprogo. *Jurnal Rekam*, 14(1), 17–25. Retrieved from <http://journal.isi.ac.id/index.php/rekam/article/view/2134/997>
- Windayani, P., & Hartono. (2020). ANALISIS KESTABILAN STATIK MATRA LONGITUDINAL PLATFORM UAV KOLIBRI 08-V2. *SAINSTECH: JURNAL PENELITIAN DAN PENGKAJIAN SAINS DAN TEKNOLOGI*, 30(2), 67–74.
- Yechout, T. R. (2003). *Introduction to Aircraft Flight Mechanics: Performance, Static Stability, Dynamic Stability, and Classical Feedback Control*. Virginia: AIAA Education Series.