

Pengembangan Prototipe Pesawat Udara Tanpa Awak Jenis Fixed Wing VTOL

Syahril, Agus Maulidi, Ahmad Khaerudin

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

email : syahril@itenas.ac.id

Received 17 Maret 2021 | Revised 01 Desember 2022 | Accepted 12 Desember 2022

ABSTRAK

Pesawat udara membutuhkan landasan pacu untuk dapat lepas landas maupun untuk mendarat, hal yang sama juga berlaku untuk Pesawat udara tanpa awak (Fixed Wings Drone). Penelitian ini bertujuan merancang dan membuat Pesawat Udara Tanpa Awak yang di persiapkan untuk dapat Lepas landas dan mendarat secara vertikal. Agar dapat Lepas landas dan mendarat secara vertikal tanpa butuh landasan pacu pada pesawat di tambahkan empat rotor vertikal yang berfungsi mengambil alih gerakan saat pesawat Lepas landas dan mendarat secara vertikal. Ide perancangan berasal dari inventarisasi prinsip kerja pesawat sejenis yang telah ada, dilakukan optimalisasi bentuk dan dimensi pesawat, kemudian dibuat dalam bentuk gambar teknik untuk proses pembuatan pesawat, akhirnya dilakukan pengujian. Jenis pesawat yang dibuat adalah tipe Twin Boom yang ditambahkan empat propeler dengan bentang sayap pesawat 160cm dan panjang pesawat sekitar 105cm dengan bobot total sekitar 1,5 kg. Setelah dilakukan uji statis dan uji dinamis, pesawat tanpa awak yang di buat dapat terbang dan bermanuver dengan baik.

Kata kunci: Pesawat Tanpa Awak, Fixed Wings, Vertikal Takeoff and landing.

ABSTRACT

An aircraft requires a runway both take-off and landing, the same can also be stated for unmanned aerial vehicles (Fixed Wings Drone). This research was done with the purpose of designing and developing unmanned aerial vehicles with the capability of taking off and landing in a vertical manner without a runway. In order to achieve this, four vertical rotors were added to the plane body to help control its motion. The main idea of the research comes from the working principles of similar aircraft designs, developing optimization on the shape and the dimension of the plane, developing the engineering drawings for those designs, and then testing the designs. The type of aircraft designed was a Twin Boom design with the addition of four propellers. The plane has a total width of 160 cm and length of 105 cm, with a total weight of 1.5 kg. After dynamic testing, the aircraft managed to achieve flight and good maneuvering capabilities.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Fixed Wings, Vertical Take-off and landing.

1. Pendahuluan

Drone atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) secara internasional diartikan sebagai mesin terbang tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak tertentu [1], pengertian lainnya tentang drone menurut Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) PM 90 tahun 2015 adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh penerbang (pilot) atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan hukum aerodinamika. Pada dasarnya semua mesin terbang yang terbang dengan tidak membawa awak didalamnya adalah drone.

Kajian tentang kendaraan udara tak berawak (UAV) memiliki telah banyak dilakukan dalam beberapa dekade terakhir, untuk aplikasi yang beragam. Pemanfaatan kendaraan tak berawak dengan rotor banyak (multirotors) secara sangat didasarkan pada desain multirotor tunggalnya, yaitu desain baling-baling coplanar/collinear (dengan baling-baling 4, 6, 8).[2]

Berdasarkan cara terbangnya, drone secara umum dibagi menjadi dua jenis antara lain *fixed wings* atau Pesawat udara tanpa awak dan *Rotary wings* atau Multi rotor [1]. Pesawat udara tanpa awak mengandalkan kecepatan gerak pesawat dan sudut serang sayap untuk menimbulkan gaya angkat, sedangkan Multi rotor adalah pesawat tanpa awak dengan sayap yang berputar untuk dapat membangkitkan gaya angkatnya seperti pada Helicopter namun Multi rotor memiliki rotor yang lebih banyak. Jika dilihat dari biaya maka Pesawat udara tanpa awak lebih mahal karena itu umumnya digunakan oleh instansi untuk keperluan pemetaan sedangkan untuk keperluan hobi atau untuk keperluan individu atau personal lebih banyak digunakan Multi rotor yang relatif lebih murah dan mudah mengoperasikannya. [3].

Pesawat udara baik yang berawak maupun yang tanpa awak memerlukan landasan pacu untuk dapat memulai lepas landas maupun saat melakukan pendaratan, hal ini menjadi salah satu kendala dalam mengoperasikan pesawat udara tersebut. Untuk pesawat tanpa awak dengan ukuran mini yang dapat di angkat oleh pilot maka sebagai ganti landasan pacu dapat dengan cara melemparkan pesawat sebagai awalan seperti hal yang dilakukan oleh Ski Jump Take-off yaitu generasi awal Sea Harrier tahun 1978 lalu [4],[5],[6].

Pada saat ini, pesawat udara tanpa awak semakin banyak digunakan untuk keperluan sipil, dimana pada umumnya memanfaatkan jaringan dan pemogramab jarak jauh. Drone sangat efektif mengatasi masalah transportasi darat yang sering terkendala dengan macet. Drone juga bisa digunakan untuk mengantar obat-obatan, peralatan, dan pesanan online dalam kehidupan sehari-hari [7].

Indonesia sebagai negara kepulauan yang luas memiliki kontur geografis yang bergunung-gunung tentu saja sangat membutuhkan drone dengan segala kemampuannya. Secara geografis, Indonesia juga terletak di pertemuan dua rangkaian pegunungan, yaitu Sirkum Pasifik dan Sirkum Mediterania yang masih aktif dan rawan gempa, tentu saja penggunaan drone akan sangat membantu untuk menyuplai bantuan logistik dan obat-obatan di daerah bencana yang pastinya sulit dicapai dengan kendaraan darat. Melihat kondisi geografis Indonesia yang sedemikian kompleks ini, maka sangat diperlukan penelitian dan pengembangan drone secara maksimal untuk berbagai aplikasi di Indonesia. Penelitian yang dilakukan ini merupakan kajian awal untuk membuat pesawat udara tanpa awak yang dapat lepas landas maupun melakukan pendaratan secara vertikal yang dikenal dengan istilah Vertical take-off and landing (VTOL). Drone dengan kemampuan lepas landas dan pendaratan secara vertikal ini sangat cocok digunakan di Indonesia yang memiliki kontur geografis yang kompleks.

2. Metodologi

Kajian difokuskan pada perancangan dan pembuatan sistem mekanikal pesawat udara tanpa awak yaitu meliputi sayap, badan pesawat dan sistem mekanikal kendali seperti sistem penggerak *elevator* dan *rudder* sedangkan sistem kelistrikan dan sistem kendali elektronik digunakan yang sudah ada dipasaran.

2.1. Perancangan

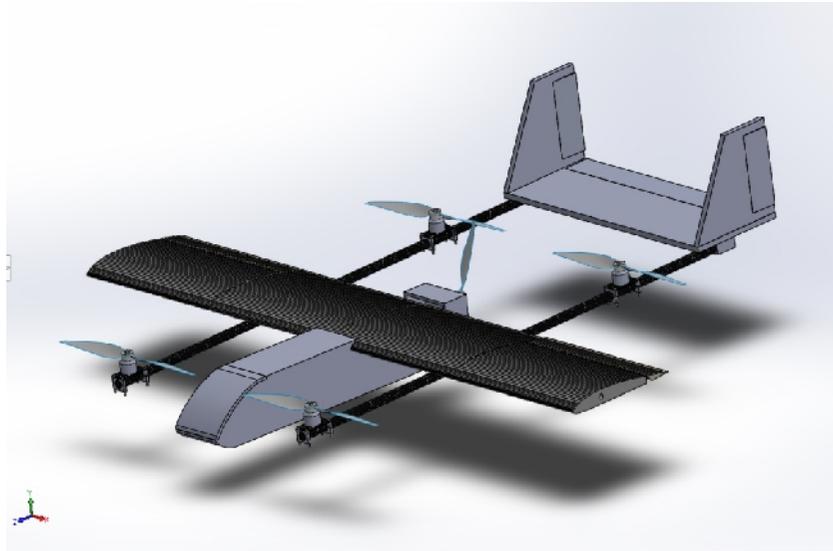
Perancangan dimulai dengan mempelajari dan mengumpulkan data guna inventarisasi ide dengan mempelajari prinsip VTOL yang sudah ada saat ini. Dengan pertimbangan tingkat kesulitan produksi dan ketersediaan bahan baku serta biaya lalu diambil keputusan untuk memilih bentuk dan perkiraan dimensi VTOL yang akan dibuat. Gambar rancangan dibuat sebagai pedoman untuk pembuatan kemudian dilakukan pembuatan pesawat sesuai bentuk dan ukuran pada gambar rancangan.

Pada pesawat Sea Harrier dan pesawat F-35B adalah pesawat tempur yang sudah dikenal luas mampu melakukan *take off* dan *landing* secara vertikal. Agar bisa bergerak naik maupun turun secara vertikal, Pesawat Sea Harrier memiliki arah luaran jet yang dibuat vertikal ke arah bawah dan bisa diubah menjadi arah horizontal yang berguna sebagai tenaga pendorong atau *thrust* untuk melakukan gerakan maju dan terbang [4],[5],[6]. Gambar 1 memperlihatkan adanya asap vertikal yang berasal dari semburan jet pesawat ketika sedang melakukan gerakan vertikal baik sewaktu tinggal landas maupun waktu pendaratan [6]



Gambar 1 : Hawker P sedang melakukan pendaratan vertikal [6]

Prinsip yang sama juga pada pesawat F-35B milik Amerika Serikat menggunakan setidaknya empat jet arah vertikal ke bawah untuk melakukan tinggal landas maupun pendaratan. Gambar 2 memperlihatkan simulasi semburan Jet pesawat B-35B sedang melakukan gerakan tinggal maupun pendaratan secara vertikal. Sewaktu melakukan gerak jelajah, jet B-35B tertinggal hanya satu semburan jet utama saja yang arahnya sudah diubah menjadi horizontal, yang berada di bagian belakang pesawat. Mengacu pada dua contoh di atas, rancangan pesawat dibuat model Twin Boom seperti yang terlihat pada gambar 2, yang ditambahkan empat propeler yang berfungsi untuk melakukan gerak lepas landas dan pendaratan secara vertikal sedangkan untuk gaya dorong diberikan oleh propeler yang lainnya yang merupakan propeler utama pesawat. Empat propeler akan berhenti bergerak ketika pesawat melakukan gerak jelajah dan demikian juga sebaliknya, saat akan mendarat maka secara perlahan propeler utama penghasil gaya dorong (*thrust*) akan berhenti bergerak yang segera digantikan oleh ke empat propeler untuk melakukan gerak pendaratan.



Gambar 2 : Rancangan Fixed Wings VTOL [9]

Pesawat udara tanpa awak dibuat dengan dimensi bentang sayap pesawat berkisar sekitar 160 Cm dan panjangnya sekitar 1 meter, dengan berat total pesawat rancangan sekitar 1,5 kg. Penentuan dimensi pesawat dilakukan dengan pertimbangan tingkat kesulitan dalam pembuatan dan biaya yang terjangkau seerta resiko keselamatan.

Dimensi sayap dihitung menggunakan rumus (1), dengan ketentuan gaya angkat yang dihasilkan oleh sayap harus lebih besar dari bobot total pesawat agar pesawat dapat mengambang dan terbang dengan baik.

Persamaan untuk menghitung gaya angkat [8] adalah :

$$L = Cl \frac{\rho}{2} V^2 S \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

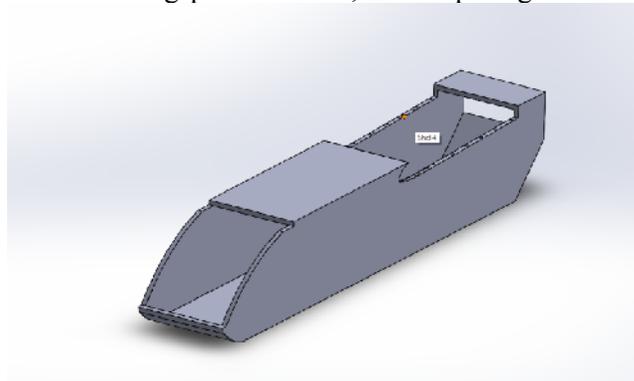
- L : Gaya angkat (Lift) [N]
- Cl : Koefisien lift
- ρ : massa jenis udara [kg/m^3]
- V : Kecepatan relatif angin [m/s]
- S : Luas penampang airfoil [m^2]

Luas penampang airfoil S, dapat diperkirakan dengan memasukan nilai gaya angkat yang harus dihasilkan sayap sebesar 2,5 kg, nilai massa jenis udara dan koefisien gaya angkat, $Cl = 1,3$ untuk sudut serang 10 derajat [1]. Setelah luas penampang airfoil S didapatkan dari hitungan di atas maka lebar sayap akan didapat juga, sebab bentang sayap sudah ditentukan 160 cm. Lebar sayap didapat dengan membagi luas dan bentang sayap sehingga didapat lebar sayap 22 cm. Tipe Airfoil dipilih adalah Clark Y, seperti pada gambar 3.



Gambar 3 : Tipe Airfoil berdasarkan Clark Y Airfoil Tools [1]

Fuse Fuselage length = 70% x wingspan = 112 cm, terlihat pada gambar 4



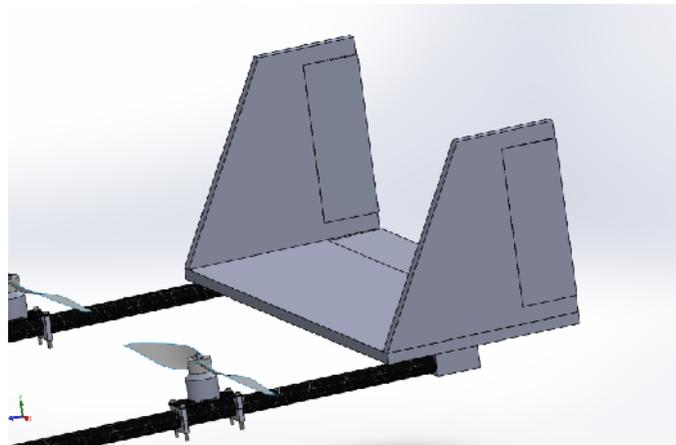
Gambar 4 : Fuselage

Rancangan ekor pesawat terlihat pada gambar 5 dengan deaickl ukuran Empennage sebagai berikut :

- Tail area = 20% x Wing area = 704 cm²
- Tail span = 2 x Wing chord = 44 cm
- Tail chord = $\frac{\text{Tail Area}}{2 \times \text{Wing Chord}} = 16 \text{ cm}$

Flight Control :

- Aileron Chord = 25% x Wing Chord = 5,5 cm
- Aileron span = $\frac{1}{4}$ x Wing span = 40 cm
- Elevator chord = $\frac{(35\% \times \text{Tail Area})}{\text{Tail Span}} = 5,6 \text{ cm}$
- Fin Area = 40% x Tail Area = 282 cm²
- Rudder Area = 35% x fin Area = 99 cm²
- Fin Width = Tail chord = 18 cm
- Fin Height = Fin Widht = 18 cm
- Rudder Chord = Elevator Chord = 60 cm



Gambar 5 : Ekor Pesawat [9]

Perhitungan kekuatan atau analisis tegangan pada rangka tidak dilakukan mengingat rangka dibuat dari batang karbon yang mempunyai kekuatan yang jauh melebihi tegangan yang dihasilkan beban komponen pesawat yang sangat kecil.

2.2. Pembuatan dan perakitan

Dimensi dan bentuk yang didapat dari perhitungan rancangan di atas dibuat dalam gambar teknik yang dilengkapi dengan dimensi tiap bagian, berpedoman pada hasil rancangan ini maka dibuat bentuk nyatanya.

Material utama untuk pembuatan sayap adalah *styrofoam*. Sayap ini diberi tulang dari bahan serat karbon, untuk mengurangi sifat getas *styrofoam*. Proses pembuatan sayap terlihat pada gambar 6, yaitu pembuatan profil *airfoil* pada gambar 6(a) dan pembuatan lubang silinder pada sayap untuk tulang dari fiber karbon pada gambar 6(b).



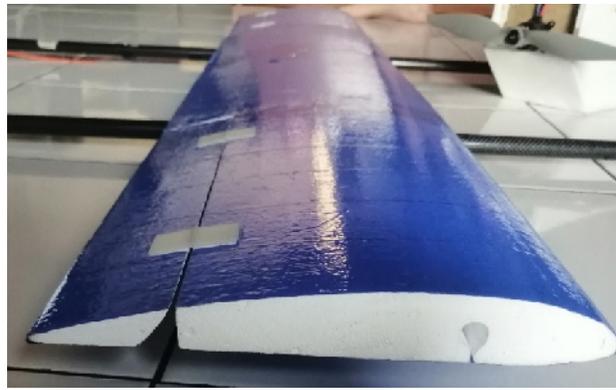
(a)



(b)

Gambar 6 : Proses Pembuatan Sayap Proses: (a) Pembentukan Profil Airfoil, (b) Proses pembuatan lubang rangka pada sayap [10]

Permukaan luar sayap maka sayap dilapisi dengan lakban untuk membuat permukaan sayap menjadi lebih mulus. Permukaan sayap yang sudah dilapisi dengan lakban dan dilengkapi dengan aileron terlihat pada gambar 7.



Gambar 7 : Sayap yang telah dilengkapi dengan Aileron [10]

Fuselage sebenarnya merupakan badan pesawat yang juga berfungsi sebagai tempat penyimpanan rangkaian listrik yang diperlukan untuk mengatur proses gerak dan kendali. Material yang digunakan sebagian besar adalah Polyfoam, yang dirakit dengan menggunakan lem dan lakban. Fuselage atau badan yang jadi terlihat pada gambar 8.



Gambar 8 : Badan Pesawat [10]

Pada ekor terdapat Elevator dan Rudder. Semua material, baik elevator maupun rudder adalah polyfoam dengan ketebalan 5 mm. Ekor berukuran 48 x 18 cm, pada bagian kiri dan kanan ekor dipasang vertical stabilizer yang berbentuk trapesium dengan ukuran 18 x 18 x 9 cm. Pada stabilizer ini di pasang Rudder seukuran 15 x 5 cm, kemudian pada permukaan horizontal dipasangkan elevator yang berfungsi untuk membantu gerak naik dan menemukiknya pesawat. Pada Rudder dan setiap elevator masing masing dipasangkan motor servo sebagai penggerak sewaktu digunakan. Ekor dengan elevator dan rudder yang telah jadi terlihat pada gambar 9.



Gambar 9 Ekor dengan Elevator (kiri) dan Rudder (kanan)

Penggerak utama adalah motor Brushless yang berfungsi sebagai pemberi gaya dorong (Thrust) pada pesawat. Motor servo digunakan untuk penggerak Aileron yang berfungsi sebagai pengatur gerak rolling, dan juga sebagai motor Elevator untuk mengatur gerak naik atau turun atau *pitch*.

Sebagai pengatur gerak Rudder yang berfungsi untuk gerak belok kiri atau kanan atau gerakan *yaw* juga menggunakan motor servo. Motor penggerak ditenagai oleh sebuah baterai Lipo 4200 mah, 3S.

Tahap perakitan diawali dengan perakitan sayap yang bagian dalamnya terdiri dari styrofoam dilapisi dengan plastik tipis berupa lakban. Sayap bagian kiri dan bagian kanan disatukan oleh rangka (tulang) yang berbahan serat karbon. Selanjutnya perakitan bagian ekor yang dilakukan dengan menggunakan lem. Stabilizer yang berbentuk trapesium disambungkan tegak lurus ke permukaan dasar ekor, yang di sana terdapat juga elevator. Pada stabilizer dipasangkan rudder yang sebenarnya merupakan potongan dari Stabilizer juga.

Sambunagn engsel digunakan untuk menghubungkan Rudder dengan Stabilizer. Sambunagn engsel juga digunakan untuk menghubungkan Elevator dengan bagian horizontal dari ekor. Sambungan engsel yang lain juga digunakan untuk menghubungkan fixed wing dengan Aileron. Semua engsel dibaut dari bahan fleksibel yang ditempelkan dengan menggunakan lem tembak.

Setelah semua bagian pesawat yang berupa sayap, badan dan ekor telah selesai dirakit secara terpisah, tahap selanjutnya adalah merakit semua bagian-bagian tersebut. Sayap kiri dan kanan dirakitkan kepada badan pesawat dengan menggunakan batang karbon kemudian sebelumnya sudah dipasangkan pada badan. Sayap dan badan pesawat dihubungkan dengan bagian ekor dengan menggunakan dua batang karbon yang sudah disiapkan tempat kedudukannya. Empat rotor untuk multi rotor dipasang pada batang karbon yang sudah dibuatkan dudukannya. Hasil rakitan berupa pesawat yang sudah jadi dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10 : Pesawat setelah dirakit.

Penentuan titik berat dilakukan setelah semua komponen dirakit. Penentuan titik berat pesawat dilakukan dengan cara penimbangan dan penyetingan agar titik berat berada pada tempat yang seharusnya. Jika titik berat belum beradaq pada posisi yang seharusnya maka dilakukan penyetingan dengan menggeser posisi komponen kendali dan power hingga berada pada titik yang seharusnya. Selain pergeseran komponen kendali dan power, penambahan atau pengurangan beban juga dilakukan pada titik-titik tertentu untuk memposisikan titik berat pesawat.

2.3. Pengujian

Akurasi titik berat pesawat yang berdampak pada keseimbangan pesawat diuji dengan menggunakan tali yang diikatkan pada titik berat pesawat. Pesawat tersebut selanjutnya digantung dengan tali yang sudah diikatkan pada posisi titik berat. Pegujian keseimbangan atau uji statis dilakukan dengan cara menggoyangkan badan pesawat. Jika badan pesawat selalu kembali ke posisi horizontal setelah digoyangkan berarti titik berat pesawat sudah berada pada titik yang

benar.

Pengujian fungsi sistem mekanik dilakukan secara bertahap untuk mengetahui kinerja dari komponen-komponen yang akan mengatur pergerakan pesawat, meliputi gerakan aileron, elevator dan rudder. Pengujian pergerakan aileron, elevator dan rudder tentunya juga dilakukan secara bersamaan dengan pengujian motor servo penggerakannya. Selanjutnya dilakukan pengujian motor brushless yang diuji tanpa propeler untuk mengetahui keseragaman daya dan putaran dari motor semua brushless. Pengujian yang terakhir dilakukan sebelum uji terbang adalah pengujian sistem kontrol untuk memastikan sistem kontrolnya berfungsi .

Uji terbang awal dilakukan dengan cara melemparkan pesawat dengan kondisi motor propeler yang mati atau motor tidak dinyalakan. Pada kondisi ini diamati bagaimana pesawat dapat melayang tanpa menggunakan motor serta diamati juga kondisi terbangnya. Jika kondisi terbang pesawat tanpa propeler yang berputar sudah menunjukkan hasil yang baik maka barulah dilakukan uji terbang.

Uji terbang dilakukan untuk mengetahui kemampuan pesawat melakukan manuver berbelok kiri dan kanan. Dan yang terpenting adalah melakukan lepas landas dan pendaratan secara vertikal dengan stabil. Uji terbang terlihat pada gambar 11



Gambar 11 : Uji Terbang Pesawat.

3. Hasil dan Pembahasan

Pesawat dapat terbang dengan baik setelah dilakukan beberapa kali uji terbang dan pengesetan ulang atau modifikasi setiap kali hasil terbang kurang memuaskan.

Titik berat pesawat sudah berada pada posisi yang benar sehingga pesawat dapat terbang dengan stabil tanpa ada goyangan-goyangan ketidakseimbangan. Bobot terbesar dari pesawat terutama berasal perangkat kendali dan motor penggerak, sedangkan badan pesawat memiliki porsi yang kecil terhadap berat total pesawat. Oleh karena itu pengaturan dan penempatan posisi perangkat kendali dan motor penggerak pada badan pesawat menjadi hal yang sangat krusial dalam penyetingan posisi titik berat pesawat. Cara termudah menyeting titik berat pesawat adalah dengan menempatkan perangkat kendali dan motor penggerak pada posisi simetris terhadap sumbu badan pesawat.

Mekanisme penggerak aileron, elevator dan rudder berfungsi dengan baik, hal ini ditunjukkan dengan kemampuan pesawat melakukan manuver belok ke kiri dan ke kanan. Mekanisme aileron,

elevator dan rudder dapat bekerja dengan baik tentunya didukung dengan engsel dan motor penggerak yang dapat bekerja dengan baik juga. Dari kemampuan belok ke kiri dan ke kanan yang baik ini juga menunjukkan bahwa flap pada aileron, elevator dan rudder memiliki keseimbangan dan kekakuan yang cukup baik sehingga ketika pesawat melakukan belokan dimana aileron, elevator dan rudder melakukan gerakan yang tidak selalu simetris dan tidak selalu seimbang, pesawat tidak mengalami getaran akibat ketidakseimbangan.

Sistem kendali berfungsi dengan baik sehingga pesawat dapat dikendalikan ke arah yang diinginkan. Respon dari sistem kendali juga sangat baik karena hampir tidak ada *delay* dari pengiriman perintah terhadap respon dari sistem kendali yang ada di pesawat.

Kemampuan pesawat untuk lepas landas dan pendaratan secara vertikal juga sudah dapat dilakukan dengan baik. Hal ini sekali lagi menunjukkan bahwa pesawat memiliki keseimbangan yang baik dan berarti juga bahwa motor utama penggerak propeler memiliki kekuatan yang cukup untuk memberikan gaya dorong dan mengangkat pesawat. Disamping karena pengaruh keseimbangan badan pesawat, kestabilan badan pesawat pada saat melakukan lepas landas dan pendaratan secara vertikal juga menunjukkan bahwa semua motor penggerak propeler bekerja dengan putaran konstan dan seragam.

Masalah yang masih dihadapi adalah durasi terbang yang sangat dipengaruhi oleh sumber tenaga dan bobot pesawat. Sumber tenaga yang lebih besar akan memberikan durasi yang lebih panjang dengan bobot yang sama, atau sumber tenaga yang sama akan memberi durasi terbang lebih lama jika bobot pesawat dikurangi.

Untuk mendapatkan durasi terbang yang lebih lama terdapat dua pilihan. Pilihan pertama adalah menggunakan baterai yang mempunyai amper yang lebih besar dengan bobot tetap. Ganti baterai dengan kualitas yang lebih baik dalam arti yang mempunyai amper yang lebih besar namun bobot baterai tetap atau walaupun bertambah tidak terlalu besar sehingga masih dalam rentang yang diijinkan. Pilihan kedua adalah meningkatkan efisiensi dalam hal perancangan dan pembuatan badan pesawat berupa menemukan bahan atau material yang lebih kuat dengan bobot yang lebih ringan sehingga bobot akhir pesawat berkurang yang pada akhirnya dapat memperpanjang durasi terbang.

4. Kesimpulan

Pengujian Pesawat terbang tanpa awak jenis fixed wing VTOL menunjukkan bahwa semua mekanisme berfungsi dengan baik. Mekanisme pada Aileron, Elevator maupun Rudder berfungsi dengan baik, hal ini ditunjukkan waktu pengujian didarat sebagai uji fungsi gerak maupun sewaktu terbang sebagai uji fungsi untuk kendali gerak naik dan turun, gerak belok kekiri maupun kekanan. Motor utama dapat menggerakkan propeler utama untuk memberikan gaya dorong yang dibutuhkan sehingga pesawat dapat terbang dengan baik. Namun suplai tenaga dari baterai tidak cukup banyak untuk memberi tenaga agar bisa terbang lebih lama.

5. Daftar Pustaka

- [1] Remindino, F., L. Barazzeti, F. Nex, M. Scaioni, and D. Sarazzi. 2011. UAV Photogrametry for Mapping and 3D Modelling. Current Status
- [2] Mahmoud Hamandi, Federico Usai, Quentin Sablé, Nicolas Staub, Marco Tognon and Antonio Franchi, “Multirotor Aerial Vehicles: A Taxonomy Based on Input Allocation”. The International Journal of Robotics Research, 2021, 40 (8-9), pp.1015-1044. 10.1177/02783649211025998. hal-02433405v2
- [3] Bayu Prayudha, Potensi Pemanfaatan Drone Untuk Penyediaan Data Wilayah Pesisir, Jurnal Oseana, Volume XLIII, nomor 1 Tahun 2018 : 44 – 52.
- [4] Aeroplane Database, British Aerospace Sea Harrier, April 2022. www.key.Aero
- [5] Chung-Kiak Poh, Chung-How Poh, (2021), “ Retarded Harrier Maneuver as a New and Efficient Approach for Fixed-Wing Aircraft to Achieve S/VTOL”. Advances in Aerospace

- Science and Technology, 6, 81-92.
- [6] Aditya Intwala, Yash Parikh, 2015, A Review on Vertical Take Off and Landing (VTOL) Vehicles, International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE) ISSN: 2349-2163 Issue 2, Volume 2 (February 2015), pp. 168-191
 - [7] Dražen Cvitanić, Drone applications in transportation, 2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 23-26 September 2020, Split, Croatia, DOI: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243807
 - [8] Anderson, Jhon D. 2011. Fundamentals Of Aerodynamics. McGraw-Hill : Singapore.
 - [9] Agus Maulidi.2020. Perancangan Sistem Mekanik Fixed Wings VTOL (Vertical Takeoff and Landing). Institut Teknologi Nasional. Bandung.
 - [10] Ahmad Kherudin.2020.Pembuatan Pesawat Fixed Wings VTOL, Institut Teknologi Nasional. Bandung