

## DESAIN DAN ANALISIS PERGERAKAN VTOL PADA FIXED WING DRONE

D.H. Tambunan<sup>1\*</sup>, Z Husin<sup>1</sup>, A. Karim<sup>1</sup>, I.Pratama<sup>1</sup>, N. P. Nugraha<sup>1</sup>, Ike Bayusari<sup>1</sup>, dan Caroline<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang

*Corresponding author:* denisharis02@gmail.com

**ABSTRAK:** Pengambilan data secara berkala dari sudut pandang yang luas sangat dibutuhkan saat ini terutama dari segi sipil maupun militer. Metode yang paling tepat untuk digunakan adalah dengan menggunakan suatu kendaraan udara. Kendaraan udara pada umumnya disebut dengan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau pesawat tanpa awak. UAV dibagi menjadi 2 kategori yaitu *fixed wing* dan *rotary wing*. Oleh karena itu didesain dan dirancanglah suatu kendaraan yang mampu lepas landas dan mendarat tanpa membutuhkan area yang luas dan memiliki jangkauan terbang yang luas. Kendaraan udara tersebut adalah *Vertical Takeoff and Landing (VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. Metode penelitian yang digunakan dimulai dari perancangan sistem, proses pembuatan, pengujian sistem, jika pesawat terbang dilakukan analisa dan jika pesawat tidak terbang maka akan kembali ke tahapan perancangan sistem. Hasil dari penelitian ini desain VTOL yang rancang dan dibuat berhasil terbang. VTOL tersebut dapat terbang dengan dua mode yaitu mode *drone* dan *fixed wing*. Setiap komponen yang terdapat pada VTOL berfungsi dengan normal sesuai dengan kondisi ataupun mode yang digunakan. Mode drone pada VTOL 100 % berfungsi dengan baik sedangkan mode *fixed wing* tidak berfungsi dengan baik yang disebabkan karena PWM motor servo transisi tidak maksimal hanya 1500, sehingga membuat posisi motor berada pada sudut 45 derajat. PWM keempat motor pada saat transisi dari mode *drone* menjadi *fixed wing* berbeda. PWM motor 1 sebesar 1750, motor 2 sebesar 1940, motor 3 sebesar 1850, dan motor 4 sebesar 1950. Ketika transisi kembali dari mode *fixed wing* menjadi drone PWM keempat motor sama yaitu sebesar 1118.

Kata Kunci: VTOL, UAV, *drone fixed wing*, motor, pwm

**ABSTRAK:** Regular data collection from a broad perspective is really needed nowadays, especially in terms of civil and military. The most appropriate method to use is to use an air vehicle. Aerial vehicles are generally called Unmanned Aerial Vehicles (UAV) or unmanned aircraft. UAVs are divided into 2 categories, namely fixed wing and rotary wing. Therefore, a vehicle was designed and designed that is capable of taking off and landing without requiring a large area and has a wide flight range. The aerial vehicle is a Vertical Takeoff and Landing (VTOL) Unmanned Aerial Vehicle (UAV). The research method used starts from system design, manufacturing process, system testing, if the aircraft flies, analysis is carried out and if the aircraft does not fly it will return to the system design stage. The results of this research were that the VTOL design that was designed and built successfully flew. This VTOL can fly in two modes, namely drone and fixed wing mode. Each component contained in the VTOL functions normally according to the conditions or mode used. The drone mode on VTOL is 100% functioning well, while the fixed wing mode is not functioning properly because the PWM of the transition servo motor is not at a maximum of only 1500, thus making the motor position at a 45 degree angle. The PWM of the four motors when transitioning from drone to fixed wing mode is different. The PWM of motor 1 is 1750, motor 2 is 1940, motor 3 is 1850, and motor 4 is 1950. When transitioning back from fixed wing mode to drone mode, the PWM of all four motors is the same, namely 1118.

Kata Kunci: VTOL, UAV, *drone fixed wing*, bike, pwm

### PENDAHULUAN

Pengambilan data secara berkala dari sudut pandang yang luas sangat dibutuhkan saat ini terutama dari segi sipil maupun militer. Dari segi kepentingan sipil

digunakan untuk mengetahui kondisi jalan, pemetaan terhadap suatu wilayah. Sedangkan dari segi militer digunakan untuk misi pengintaian untuk mengawasi suatu wilayah tertentu. Untuk mengatasi permasalahan diatas metode yang tepat adalah dengan menggunakan

kendaraan udara yang mampu mengambil data dari sudut pandang yang luas. Penelitian yang berhubungan tentang desain dan analisis mengenai kendaraan udara telah banyak di teliti dan dikembangkan oleh beberapa peneliti. Desain dan analisis mode pengalihan mikro UAV dengan menggabungkan desain platform struktur pesawat konvensional multirotor dan *fixed wing*. Desain komersial sistem UAV) VTOL *hybrid* dengan menggunakan gabungan desain antara helikopter dan UAV konvensional. Metodologi desain untuk (UAV) *hybrid* menggunakan metodologi desain komprehensif untuk Transitional Aircraft (TA) dengan menggabungkan kinerja helikopter, transisi, dan mode penerbangan sayap tetap. Konsep transisi penerbangan *quad tilt wing* VTOL UAV menggunakan desain tandem sayap miring dengan empat baling-baling yang dipasang pada bagian tengah sayap. Desain *modeling* dan pengendali *Vertical Takeoff and Landing* (VTOL) *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Oleh karena itu, pada penelitian ini di desain VTOL UAV yang merupakan gabungan dari *fixed wing* dan *drone*. Dengan konsep ini pesawat dapat lepas landas dan mendarat tanpa membutuhkan wilayah yang luas dan bisa terbang dengan jangkauan yang luas.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Fixed Wing

*Fixed Wing* adalah pesawat tanpa awak yang memiliki bentuk sayap dan memiliki jangkauan terbang yang luas.

#### 1. Perancangan Sayap *Fixed Wing*

Perfoma pesawat terletak pada bagian sayap, sebab tanpa sayap pesawat tidak dapat terbang. Sementara sayap tersebut ditentukan dari bentuk *airfoil*. *Airfoil* terdiri atas beberapa bentuk seperti *symmetrical*, *semi symmetrical*, *flat bottom*, *under chambered*, dan *reflexed*. Adapun dalam mendesain sayap, diperlukan konsep agar sayap tersebut optimal untuk menghasilkan gaya angkat. Bentuk dari sayap pesawat atau *planform* terdiri dari beberapa jenis, seperti *planform elliptical*, *rectangular*, *taper wing*, dan *sweepback*.

#### 2. Peletakan Sayap *Fixed Wing*

Peletakan sayap memiliki 3 jenis posisi peletakan yaitu *high wing*, *mid wing*, dan *low wing*. *High wing* adalah posisi peletakan sayap yang berada diatas badan pesawat, sedangkan *mid wing* posisi peletakan sayap yang berada dibagian tengah badan pesawat, dan *low wing* adalah posisi peletakan sayap yang berada dibawah badan pesawat.

#### 3. *Fuselage* dan *Empennage*

*Fuselage* adalah bagian badan pesawat sedangkan *empennage* adalah bagian ekor pesawat yang memiliki fungsi sebagai stabilizer horizontal pesawat pada saat berada di udara.

### B. Quadcopter

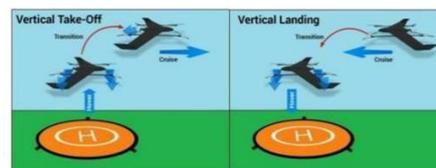
*Quadcopter* adalah kendaraan udara yang menggunakan empat motor dan propeler sebagai penggerak untuk dapat terbang. Daya angkatnya yang dihasilkan pada *quadcopter* tergantung dari jenis motor dan propeler yang digunakan.

### C. Vertical Takeoff and Landing

VTOL merupakan kendaraan udara yang dapat lepas landas dan mendarat secara vertikal tanpa membutuhkan area yang luas dan dapat terbang dengan jauh seperti *fixed wing*.

### D. Proses Transisi

Perpindahan mode pada VTOL yaitu pada saat mode *hover* menjadi *cruise* maupun pada saat *cruise* menjadi *hover* diperlukan pengaturan parameter yang bertujuan agar optimal pada saat melakukan transisi. Parameter utama dalam proses transisi adalah *duration of transition* dan *cruise throttle transition*. *Duration of transition* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk proses transisi sedangkan *cruise throttle transition* adalah nilai persentase dari putaran motor pendorong pada saat proses *transisi hover* menjadi *cruise*. Selain parameter utama tersebut terdapat beberapa variabel yang diamati seperti *differential altitude*, *distance of transition* dan *steady state time*. Proses transisi tersebut dapat dilihat pada gambar 1 berikut.

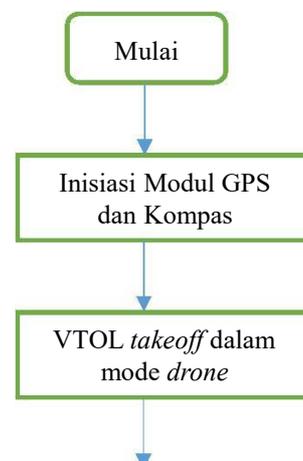


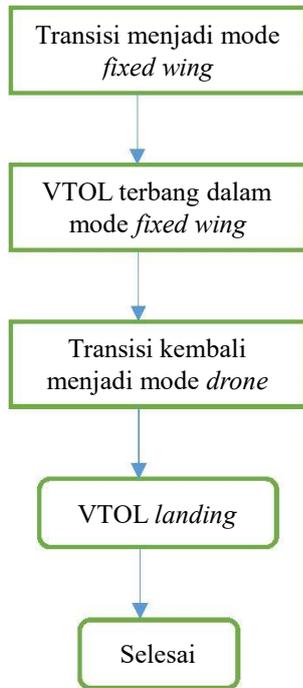
Gambar 1. Proses Transisi VTOL

## METODE PENELITIAN

### A. Perancangan Sistem

Proses perancangan sistem untuk VTOL dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini





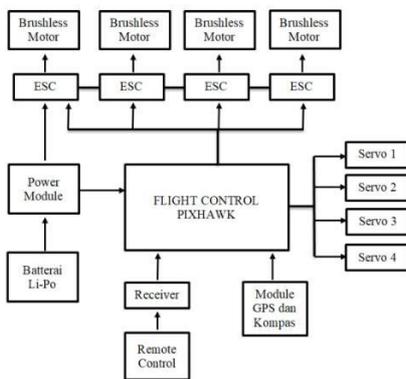
Gambar 2. Flowchart Pengujian Sistem

B. Perancangan Desain

Pada tahapan perancangan ini yaitu membuat rancangan pada bagian-bagian dari VTOL seperti *airfoil*, bentuk sayap, bentuk dari *empennage*, *fuselage*.

C. Perancangan Hardware

Pada bagian perancangan *hardware* pada VTOL dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Rancangan Hardware pada VTOL

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perancangan Mekanik VTOL

Pada proses perancangan mekanik hal utama yang diperhatikan adalah bentuk dan ukuran sayap VTOL serta posisi peletakan keempat motor *brushless*.

B. Perhitungan Thrust Motor Brushless

Pengukuran *thrust* motor *brushless* sunnysky 980kv dengan menggunakan baterai Li-Po 3S dengan kapasitas 5000mAH. *Thrust* yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Nilai Thrust dengan Baterai Li-Po 3S

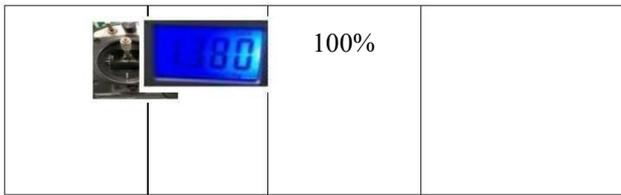
Propeller	Volt	Throttle	Thrust (g)
1245	12,3 V	50%	
		75%	
		100%	

Total *thrust* yang dihasilkan dari satu motor *bushless* adalah 1030, sehingga apabila menggunakan empat buah motor *thrust* yang dihasilkan sebesar 4,12 kg.

Selanjutnya pengukuran *thrust* motor *brushless* sunnysky 980kv dengan menggunakan baterai Li-Po 4S dengan kapasitas 5500mAH. *Thrust* yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 2. Hasil Nilai Thrust dengan Baterai Li-Po 4S

Propeller	Volt	Throttle	Thrust (g)
1245	12,3 V	50%	
		75%	



Total *thrust* yang dihasilkan dari satu motor *brushless* adalah 1030, sehingga apabila menggunakan empat buah motor *thrust* yang dihasilkan sebesar 5,52 kg.

C. Perancangan Sayap, *Fuselage*, dan *Empennage*

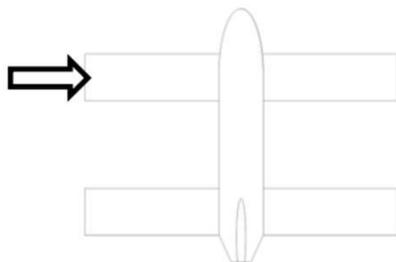
1. Perancangan Sayap

Pada perancangan sayap ini menggunakan jenis *airfoil flat bottom* yaitu RAF 15 yang dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



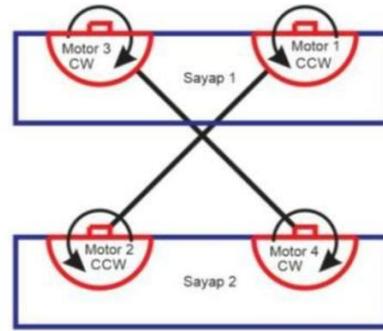
Gambar 4. *Airfoil* RAF 15

Tahap selanjutnya adalah pembuatan sayap pesawat dengan dimensi panjang 91 cm dan lebar 22 cm. Bentuk dari sayap yang telah dibuat adalah *rectangular wing* atau sayap lurus seperti pada gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Bentuk sayap *Rectangular Wing*

Selanjutnya adalah penentuan posisi peletakan motor *brushless* pada sayap, dimana posisi tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Posisi Peletakan Motor pada Sayap

2. Perancangan *empennage*

Perancangan bentuk *empennage* atau ekor menggunakan jenis *conventional*. Pada proses pembuatan ekor hanya menggunakan bagian *vertical stabilizer* yang terhubung dengan *rudder*. Dimensi dari *vertical stabilizer* ini memiliki panjang 22 cm dan tinggi 25 cm.

3. Perancangan *fuselage*

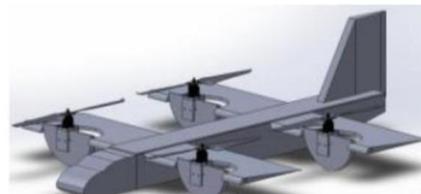
Perancangan bentuk *fuselage* atau badan VTOL dirancang dengan dimensi panjang 90 cm, lebar 12 cm dan tinggi 10 cm. Untuk bagian *nose* VTOL menggunakan jenis *elliptical* yang dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. *Elliptical Nose*

D. Desain dan Bentuk VTOL

Setelah dari tahapan perancangan sayap, *fuselage*, dan *empennage*, selanjutnya adalah menggambar sketsa VTOL secara 3D dengan menggabungkan bagian-bagian yang telah di desain dan dirancangan. Untuk sketsa desain VTOL dapat dilihat pada gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Desain VTOL

Kemudian hasil akhirnya adalah bentuk fisik dari VTOL tersebut yang dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Bentuk Fisik VTOL

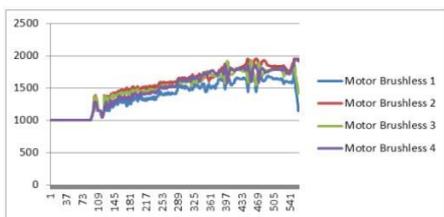
E. Pengujian PWM Motor *Brushless*

1. Pengujian PWM motor pada saat mode *drone*  
 Pengujian ini dilakukan pada saat VTOL dalam kondisi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 10.



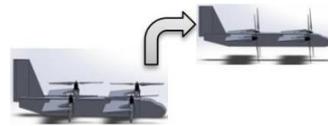
Gambar 10. Proses *Takeoff* VTOL dalam Mode *Drone*

Nilai dari PWM keempat motor *brushless* pada saat dalam kondisi mode *drone* dapat dilihat pada gambar 11.



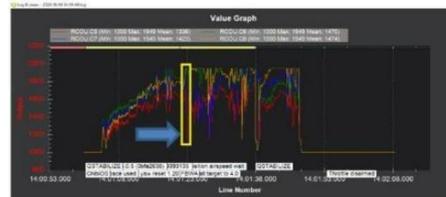
Gambar 11. Grafik PWM Motor saat Mode *Drone*

2. Pengujian PWM motor saat transisi menjadi *fixed wing*  
 Pengujian dilakukan pada saat VTOL dalam kondisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 12.



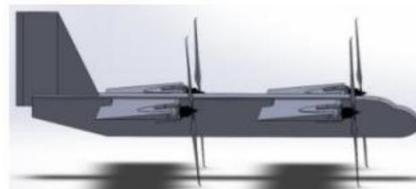
Gambar 12. Proses Transisi *Drone* menjadi *Fixed Wing*

Dari kondisi diatas diperoleh nilai PWM motor yang ditunjukkan pada gambar 13.



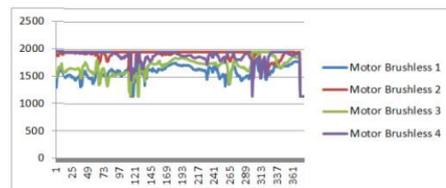
Gambar 13. Grafik PWM Motor saat Transisi menjadi Mode *Fixed Wing*

3. Pengujian PWM motor pada saat mode *fixed wing*  
 Pengujian dilakukan saat VTOL dalam kondisi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 14.



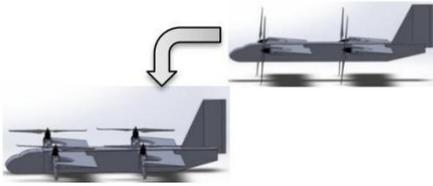
Gambar 14. Kondisi VTOL saat Mode *Fixed Wing*

Dari kondisi diatas diperoleh nilai PWM keempat motor yang ditunjukkan pada gambar 15.



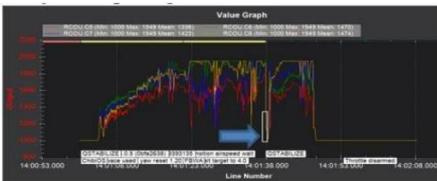
Gambar 15. Grafik PWM Motor saat Mode *Fixed Wing*

4. Pengujian PWM motor pada saat transisi menjadi mode *drone*  
 Pengujian dilakukan saat VTOL dalam kondisi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 16.



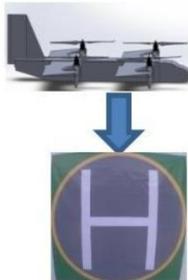
Gambar 16. Kondisi VTOL Transisi menjadi Mode Drone

Dari kondisi diatas diperoleh nilai PWM keempat motor yang ditunjukkan pada gambar 17.



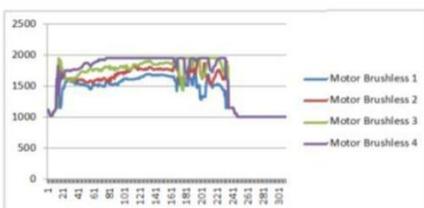
Gambar 17. Grafik PWM Motor saat Transisi menjadi Mode Drone

5. Pengujian PWM motor kembali ke mode *drone* untuk *landing*  
 Pengujian dilakukan saat VTOL dalam kondisi seperti yang ditunjukkan oleh gambar 18.



Gambar 18. Kondisi VTOL Landing

Dari kondisi diatas diperoleh nilai PWM keempat motor yang ditunjukkan pada gambar 19.



Gambar 19. Grafik PWM Motor saat Mode Landing

F. Pengujian Terhadap Motor Servo (*Aileron, Elevator, Rudder, dan Transisi*)

1. *Aileron*

Untuk grafik PWM motor servo sebagai *aileron* diperoleh pada saat VTOL dalam kondisi mode *fixed wing*, grafik PWM tersebut dapat dilihat pada gambar 20 berikut ini.



Gambar 20 Grafik PWM Motor Servo untuk *Aileron*

Nilai PWM motor servo untuk *aileron* pada saat kondisi normal 1500 ketika kondisi *aileron* kiri keatas dan kanan kebawah nilai PWM sebesar 1239. Saat kondisi *aileron* kiri kebawah dan kanan keatas nilai PWM sebesar 1747.

2. *Elevator*

Untuk grafik PWM motor servo sebagai *elevator* diperoleh pada saat VTOL dalam kondisi mode *fixed wing*, grafik PWM tersebut dapat dilihat pada gambar 21 berikut ini.



Gambar 21 Grafik PWM Motor Servo untuk *Elevator*

Nilai PWM motor servo untuk *elevator* pada saat kondisi normal 1500. Pada saat *elevator* keatas nilai PWM sebesar 1126 dan saat *elevator* kebawah nilai PWM sebesar 1792.

3. *Rudder*

Untuk grafik PWM motor servo sebagai *elevator* diperoleh pada saat VTOL dalam kondisi mode *fixed wing*, grafik PWM tersebut dapat dilihat pada gambar 22 berikut ini.



Gambar 22 Grafik PWM Motor Servo untuk *Rudder*

4. Untuk Transisi

Grafik PWM ini diperoleh pada saat melakukan transisi dari mode *drone* menjadi *fixed wing* maupun sebaliknya pada saat transisi dari *fixed wing* menjadi *drone*. Untuk grafik PWM tersebut dapat dilihat pada gambar 23 berikut ini.



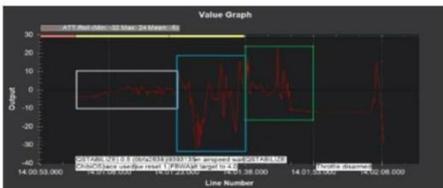
Gambar 23 Grafik PWM Motor Servo Transisi

Nilai PWM motor servo pada saat kondisi *drone* sebesar 1900 dan pada saat dalam kondisi mode *fixed wing* nilai PWM sebesar 1500.

### G. Pengujian Gerakan Roll, Pitch, dan Yaw

#### 1. Gerakan Roll

Grafik gerakan *roll* ditunjukkan pada gambar 24 dibawah ini.

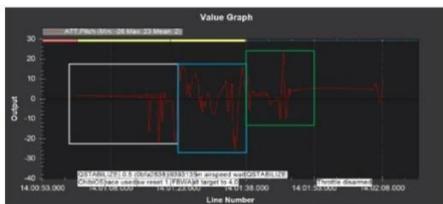


Gambar 24 Grafik Gerakan Roll

Pada saat dalam mode *drone* gerakan *roll* kekiri sebesar -5 derajat dan kekanan sebesar 5 derajat Saat dalam mode *fixed wing* gerakan *roll* kekiri sebesar -32 derajat dan kekanan sebesar 16 derajat terhadap sumbu *longitudinal*.

#### 2. Gerakan Pitch

Grafik gerakan *pitch* ditunjukkan pada gambar 25 berikut ini.



Gambar 25 Grafik Gerakan Pitch

Pada saat dalam kondisi mode *drone* gerakan *pitch* kekiri sebesar -22 derajat dan kekanan sebesar 5 derajat Ketika dalam mode *fixed wing* gerakan *pitch* kekiri sebesar -26 derajat dan kekanan sebesar 18 derajat terhadap sumbu *lateral*.

#### 3. Gerakan Yaw

Grafik gerakan *yaw* ditunjukkan oleh gambar 26 berikut ini.



Gambar 26 Grafik Gerakan Yaw

Gerakan *yaw* pada saat dalam mode *drone* sebesar 100 derajat dan saat dalam mode *fixed wing* sebesar 165 derajat terhadap sumbu vertikal.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Implementasi desain kombinasi antara *drone* dengan *fixed wing* pada VTOL telah berhasil dibuat dan dapat melakukan penerbangan pada saat PWM 1500 dengan *throttle* setengah.
2. Mode *drone* pada VTOL 100% berfungsi dengan normal pada saat melakukan lepas landas dan mendarat. Mode *fixed wing* pada VTOL tidak berfungsi dengan baik karena faktor PWM motor servo sebesar 1500 sehingga posisi letak motor berada pada sudut 45 derajat.
3. Nilai PWM dari keempat motor pada saat transisi menjadi *fixed wing* berbeda, dimana nilai PWM motor 1 sebesar 1750, motor 2 sebesar 1940, motor 3 sebesar 1850, dan motor 4 sebesar 1950. Pada saat transisi kembali ke mode *drone* nilai PWM keempat motor sama yaitu sebesar 1118.

### DAFTAR PUSTAKA

D. F. Pradana, "Studi Perancangan Pesawat Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) Ringan dan Portable Untuk Misi Surveillance," Universitas Gadjah Mada, 2014.

- F. Cakici and M. K. Leblebicioglu, "Control System Design of a Vertical Take-off and Landing Fixed-Wing UAV," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 49, no. 3, pp. 267–272, 2016.
- U. Ozdemir et al., "Design of a commercial hybrid VTOL UAV system," *J. Intell. Robot. Syst. Theory Appl.*, vol. 74, no. 1–2, pp. 371–393, 2014.
- A. M. and A. R. Kamal, "Design Methodology for Hybrid (VTOL + Fixed Wing) Unmanned Aerial Vehicles," vol. 2, no. 3, p. 12, 2018.
- K. Muraoka, N. Okada, D. Kubo, and M. Daisuk, "Transition flight of quad tilt wing VTOL UAV," 28<sup>th</sup> Congr. Int. Counc. Aeronaut. Sci. 2012, ICAS 2012, vol. 4, pp. 3242–3251, 2012.
- A. S. Onen et al., "Modeling and controller design of a VTOL UAV," 2015 Int. Conf. Unmanned Aircr. Syst. ICUAS 2015, pp. 329–337, 2015.
- H. S. Saroinsong et al., "Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) BerbasisArdupilot," *E-Journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 73–84, 2018.
- I. H. and A. N. Nugroho, "Perancangan dan Pembuatan Pesawat Terbang Tanpa Awak yang Dapat Dioperasikan Secara Otomatis untuk Monitoring," 2017. *Flite Test*, "Airfoil," 2018. [Online]. Available: <https://www.flitetest.com/articles/what-airfoi-shouldi-use>.
- C. Wiratama, "Desain Planform Sayap Pesawat Aeromodelling," 2016. [Online]. Available: <http://aeroengineering.co.id/2016/02/desain-planformsayap-pesawat-aeromodelling/>.
- C. Wiratama, "Desain Ekor (Empennage) Pesawat Aeromodelling," 2016. [Online]. Available: <http://aeroengineering.co.id/2016/02/desain-ekorempennage-pesawat-aeromodelling/>.
- E. Irmawan, "Kendali Proses Transisi Hover To Cruise Pada Pesawat," vol. 4, no. 2, pp. 15–19, 2017.