

Perancangan Sistem Tiltrotor pada UAV Sebagai Media Pantau Pasca Bencana

Adhitya Dwi Septian^{1*}, Yasdinul Huda²

¹Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

²Departemen Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang

*Corresponding author e-mail: adhityadwiseptian97@gmail.com

ABSTRAK

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan sistem Tiltrotor sangat efektif digunakan di daerah terdampak bencana, hal ini dikarenakan pada daerah terdampak bencana akan sulit untuk ditemukan sebuah landasan pacu yang digunakan oleh UAV untuk take off dan landing. Perancangan ini menggunakan tahap define dan design pada model 4D baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Penggunaan UAV bersayap yang dapat melakukan take off secara vertikal akan sangat membantu dalam proses memantau kondisi pasca bencana. Penggunaan sistem tiltrotor pada UAV dapat diterapkan sebagai pilihan untuk pembuatan sebuah UAV. Berdasarkan data yang disajikan dalam penelitian bahwa adanya sayap pada mode tricopter tidak mengganggu kestabilan UAV dalam melakukan hovering, sehingga bisa dikombinasikan UAV tricopter dengan UAV bersayap. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa UAV mampu terbang dengan kecepatan 18 M/s atau 64 KM/h, oleh karena itu UAV hanya membutuhkan waktu sekitar 18 menit 45 detik untuk mencapai jarak 20 KM. Estimasi lama terbang UAV adalah sekitar 20 menit dengan sisa kapasitas baterai digunakan untuk melakukan pendaratan sehingga diperkirakan UAV mampu melakukan penerbangan sejauh 20 KM.

Kata Kunci: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Sistem, Tiltrotor, Bencana*

ABSTRACT

Unmanned Aerial Vehicles with a Tiltrotor system are very effective in use in disaster-affected areas, this is because in disaster-affected areas it will be difficult to find a runway used by UAVs for take off and landing. This design uses the define and design stages on 4D models both hardware and software. The use of winged UAVs that can take off vertically will be very helpful in the process of monitoring post-disaster conditions. The use of a tiltrotor system on a UAV can be applied as an option for the manufacture of a UAV. Based on the data presented in the study, the presence of wings in tricopter mode does not interfere with the stability of the UAV in hovering, so it can be combined with a tricopter UAV with a winged UAV. Based on the research, it is known that the UAV is capable of flying at a speed of 18 M/s or 64 KM/h, therefore the UAV only takes about 18 minutes 45 seconds to reach a distance of 20 KM. The estimated flight time of the UAV is about 20 minutes with the remaining battery capacity being used to make a landing, so it is estimated that the UAV is capable of flying as far as 20 KM.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), System, Tiltrotor, Disaster*

I. PENDAHULUAN

Teknologi yang dapat digunakan untuk mencapai daerah terdampak bencana salah satunya adalah pesawat tanpa awak yang menggunakan sistem tiltrotor. Pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* yang disingkat UAV, adalah sebuah mesin terbang yang memiliki fungsi kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri dengan menggunakan program tersendiri [1]. UAV

memiliki fungsi dalam berbagai layanan seperti bidang militer, bidang sipil dan bidang ilmu pengetahuan.

Tiltrotor adalah pesawat terbang yang menghasilkan daya angkat dan penggerak melalui satu atau lebih rotor. Desain tiltrotor menggabungkan kemampuan VTOL (*Vertical Take Off and Landing*) helikopter dengan kecepatan dan jangkauan pesawat konvensional [2]. Penggunaan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Sebelum masuk ke tahap pengujian alat, UAV harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu untuk menghindari *error* pada saat melakukan penerbangan dan pengujian.

1. Pengujian Motor Servo

Setelah dilakukan perhitungan nilai PWM (*Pulse Width Modulation*) servo kanan untuk membentuk sudut 90° dan sudut 0° diperoleh hasil yang tertera pada Tabel 1. Maka untuk mendapatkan sudut sebesar 90° pada servo kiri sistem *tiltrotor* membutuhkan nilai PWM sebesar $758 \mu s$ dan untuk mendapatkan sudut sebesar 0° pada servo kiri sistem *tiltrotor* membutuhkan nilai PWM sebesar $1730 \mu s$.

Tabel 1. Tabel pengujian servo *tiltrotor* kanan.

Nilai PWM (μs)	Sudut Servo Derajat ($^\circ$)	Dokumentasi
758	90°	
1730	0°	

Setelah dilakukan perhitungan nilai PWM servo kanan untuk membentuk sudut 90° dan sudut 0° diperoleh hasil yang tertera pada Tabel 2. Maka untuk mendapatkan sudut sebesar 90° pada servo kanan sistem *tiltrotor* membutuhkan nilai PWM sebesar $788 \mu s$ dan untuk mendapatkan sudut sebesar 0° pada servo kanan sistem *tiltrotor* membutuhkan nilai PWM sebesar $1800 \mu s$.

Tabel 2. Tabel pengujian servo *tiltrotor* kiri

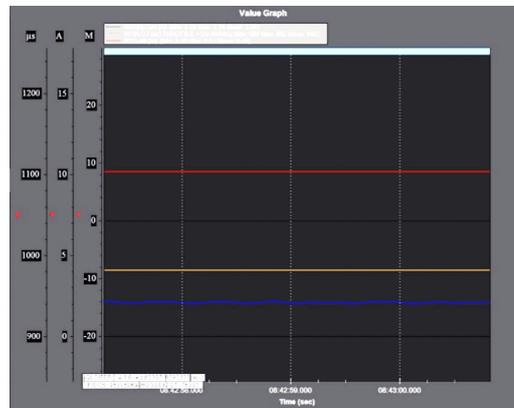
Nilai PWM (μs)	Sudut Servo Derajat ($^\circ$)	Dokumentasi
788	90°	

1800	0°	
------	-----------	---

2. Pengujian Besar arus

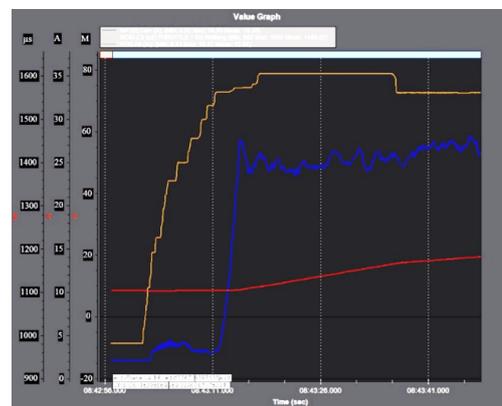
a. Tricopter

Pada mode *tricopter* pengukuran besar arus dilakukan pada saat UAV dalam kondisi *arming*, *take off* dan *hovering*.



Gambar 5. Grafik besar arus dan nilai PWM dari *throttle* saat *arming* UAV

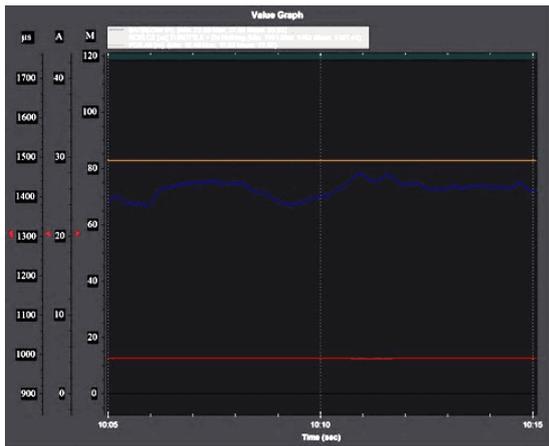
Berdasarkan gambar 5 hasil pengujian diketahui bahwa nilai *throttle* konstan sebesar 982 yang ditunjukkan dengan grafik berwarna kuning. Penggunaan arus baterai dalam kondisi *arming* sebesar 2.09 A yang ditunjukkan dengan grafik berwarna biru.



Gambar 6. Grafik besar arus dan nilai *throttle* UAV saat melakukan *take off*.

Berdasarkan gambar 6 hasil pengujian diketahui bahwa nilai *throttle* tertinggi memiliki nilai 1605 atau sebesar 60% dari total nilai *throttle* yang ditunjukkan dengan grafik berwarna kuning. Penggunaan arus baterai untuk melakukan *take off*

sebesar 28.09 A yang ditunjukkan dengan grafik berwarna biru.



Gambar 7. Grafik besar arus dan nilai throttle UAV saat melakukan hovering.

Berdasarkan gambar 7 hasil pengujian diketahui bahwa nilai throttle tertinggi memiliki nilai 1530 atau sebesar 50% dari total nilai throttle yang ditunjukkan dengan grafik berwarna kuning. Penggunaan arus baterai untuk melakukan hovering sebesar 25.93 A yang ditunjukkan dengan grafik berwarna biru.

Dari pengujian besar arus UAV dapat diketahui bahwa besar arus yang digunakan dalam melakukan arming, take off dan hovering berbeda-beda, hal ini dikarenakan persentase throttle yang berbeda-beda saat melakukannya.

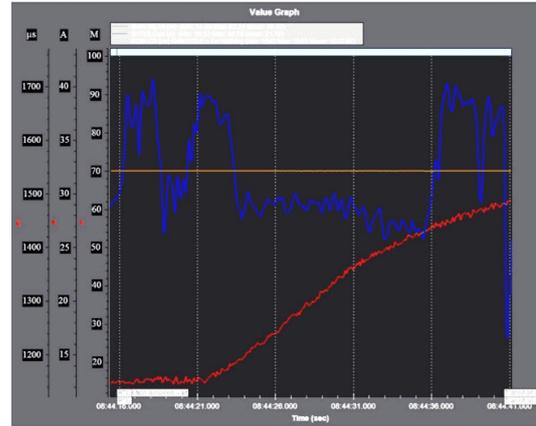
Tabel 3. Tabel pengujian arus pada mode tricopter

PWM Throttle (μ s)	Persentase Throttle (%)	Arus (A)	Keterangan
982	0	2.09A	UAV Arming
1620	60	28.09 A	UAV Takeoff
1530	50	25.93 A	UAV Hovering

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 3 dapat disimpulkan bahwa penggunaan arus terbesar terdapat pada proses take off dan penggunaan arus terkecil terdapat pada proses arming, sedangkan untuk penggunaan arus pada proses hovering penggunaan arus 3.16 A lebih rendah dibandingkan proses take off.

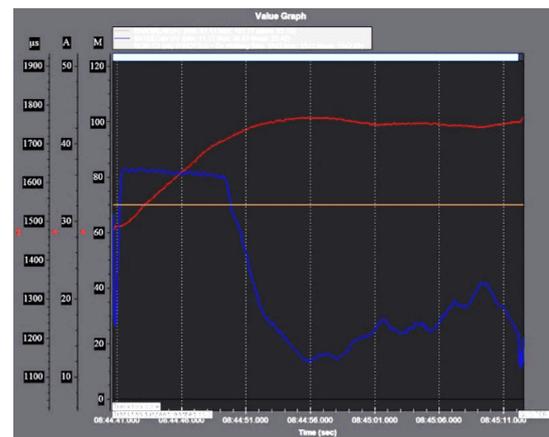
b. Fixedwing

Pada saat melakukan hovering dalam mode fixedwing UAV hanya menggunakan 2 motor depan saja sebagai penggerak UAV, sedangkan untuk menambah daya angkat UAV memanfaatkan daya angkat yang dihasilkan oleh sayap.



Gambar 8. Besar arus yang dibutuhkan UAV pada saat melakukan transisi

Berdasarkan gambar 8 besar arus yang digunakan dalam mode transisi divisualkan dengan garfik yang berwarna biru dengan rata-rata penggunaan arus sebesar 32 A, arus maksimal yang digunakan pada saat melakukan mode transisi adalah sebesar 41 A dan arus minimal yang digunakan sebesar 17 A.



Gambar 9. Besar arus yang dibutuhkan UAV pada saat melakukan hovering

Hasil pengukuran rata-rata besar arus yang digunakan dalam melakukan transisi dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan Gambar 9 didapat rata-rata arus yang digunakan dalam mode fixedwing adalah sebesar 22 A, besar arus maksimum yang digunakan sebesar 37 A dan besar arus minimum yang digunakan dalam mode fixedwing sebesar 11 A.

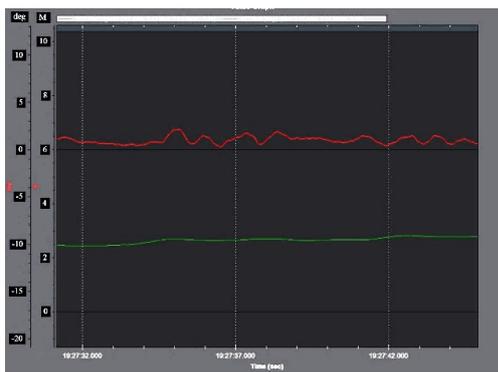
Tabel 4. Tabel pengujian arus pada mode *fixedwing*

PWM Throttle (μ s)	Persentase Throttle (%)	Arus (A)	Keterangan
1542	53	32A	UAV saat melakukan transisi
1542	53	22A	UAV saat melakukan <i>hovering</i>

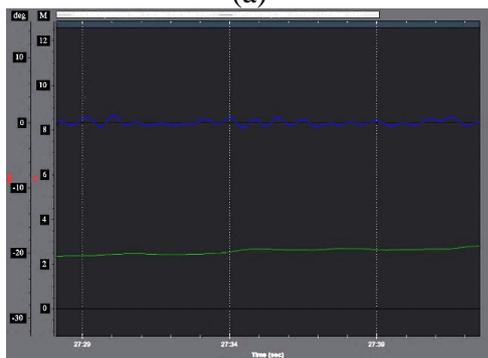
Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa pada saat UAV melakukan transisi ke mode *fixedwing* membutuhkan jumlah arus lebih besar dibandingkan dengan UAV saat melakukan *hovering*. Nilai *throttle* PWM dalam Tabel 4 tidak mengalami perubahan dikarenakan UAV menggunakan sistem terbang otomatis.

3. Pengujian Kestabilan *Hovering* pada Mode *Tricopter*

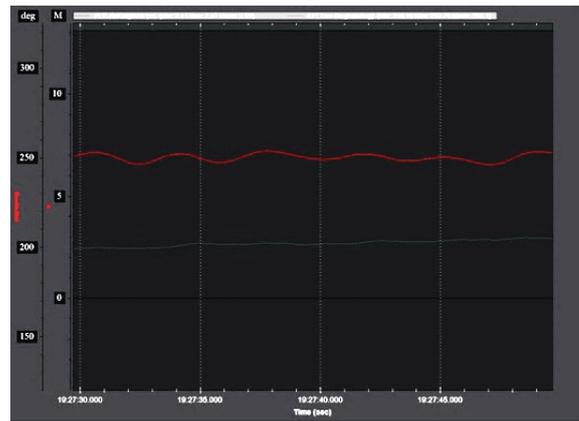
Pengujian kestabilan dilakukan dengan menerbangkan UAV pada 4 ketinggian berbeda, yaitu 2.5 M, 5 M, 10 M dan 15 M dengan durasi 1 menit untuk setiap ketinggian.



(a)



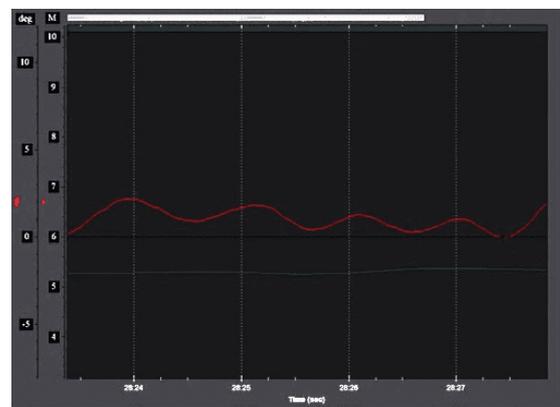
(b)



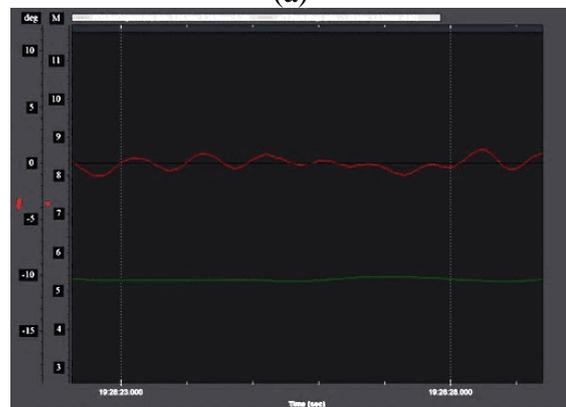
(c)

Gambar 10. Pengujian kestabilan *hovering* menggunakan mode *tricopter* pada ketinggian 2.5 M

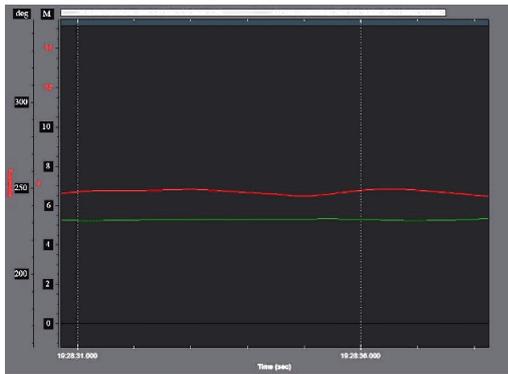
Berdasarkan pengujian kestabilan *hovering* UAV pada ketinggian 2.5 M yang ditunjukkan oleh Gambar 10 diketahui bahwa UAV mengalami pergerakan pada bagian (a) *roll* sebesar 1° , pada bagian (b) *pitch* sebesar -0.01° dan perubahan pada (c) *yaw* sebesar 8° .



(a)



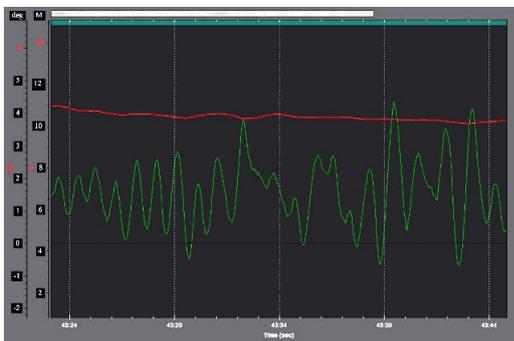
(b)



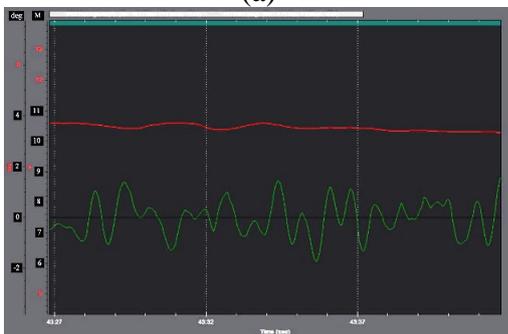
(c)

Gambar 11. Pengujian kestabilan *hovering* menggunakan mode *tricopter* pada ketinggian 5.3 M

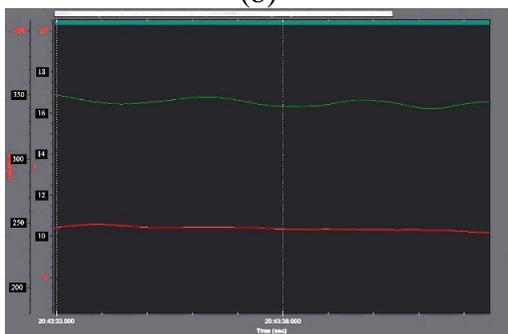
Berdasarkan pengujian kestabilan *hovering* UAV pada ketinggian 5.3 M yang ditunjukkan oleh Gambar 11 diketahui bahwa UAV mengalami pergerakan pada bagian (a) *roll* sebesar 1° , pada bagian (b) *pitch* sebesar -0.07° dan perubahan pada (c) *yaw* sebesar 5° .



(a)



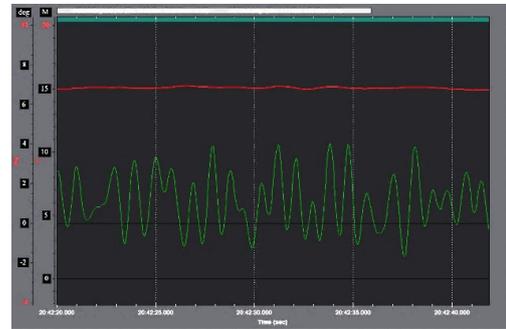
(b)



(c)

Gambar 12. Pengujian kestabilan *hovering* menggunakan mode *tricopter* pada ketinggian 10.46 M

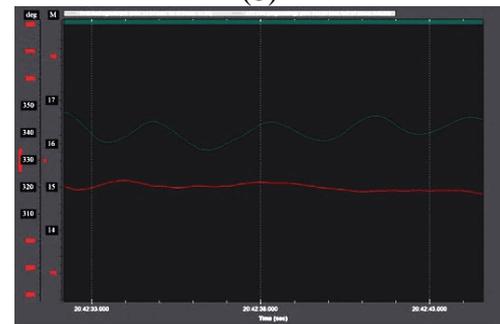
Berdasarkan pengujian kestabilan *hovering* UAV pada ketinggian 5.3 M yang ditunjukkan oleh Gambar 12 diketahui bahwa UAV mengalami pergerakan pada bagian (a) *roll* sebesar 1.58° , pada bagian (b) *pitch* sebesar -0.04° dan perubahan pada (c) *yaw* sebesar 11° .



(a)



(b)



(c)

Gambar 13. Pengujian kestabilan *hovering* menggunakan mode *tricopter* pada ketinggian 15 M

Berdasarkan pengujian kestabilan *hovering* UAV pada ketinggian 15 M yang ditunjukkan oleh Gambar 13 diketahui bahwa UAV mengalami pergerakan pada bagian (a) *roll* sebesar 1.11° , pada bagian (b) *pitch* sebesar 0.01° dan perubahan pada (c) *yaw* sebesar 14° .

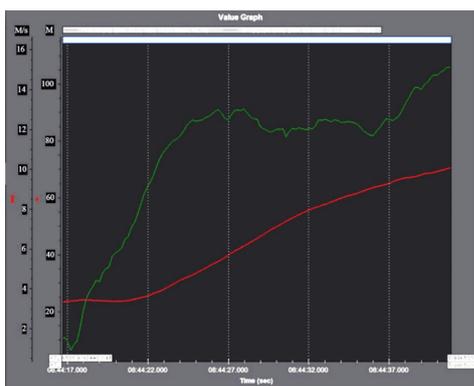
Tabel 5. Tabel pengujian kestabilan *hovering* pada mode *tricopter*

Ketinggian (M)	Roll Derajat (°)	Pitch Derajat (°)	Yaw Derajat (°)
2.5m	1°	-0.01°	246° - 254°
5.3m	1°	-0.07°	245° - 250°
10.46m	1.58°	-0.04°	339° - 350°
15m	1.11°	0.01	334° - 348°

Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada kestabilan UAV dalam melakukan *hovering* dalam menggunakan mode *tricopter* pada Tabel 5 cukup stabil, hal ini dapat terlihat dengan pergerakan pada *roll* UAV rata-rata hanya sebesar 1° dan pada *pitch* UAV mengalami pergerakan sekitar 0.03°. bagian *yaw* UAV mengalami pergerakan yang cukup besar, hal ini dikarenakan UAV menyesuaikan arah UAV dengan arah datangnya angin agar mengurangi turbulensi pada UAV.

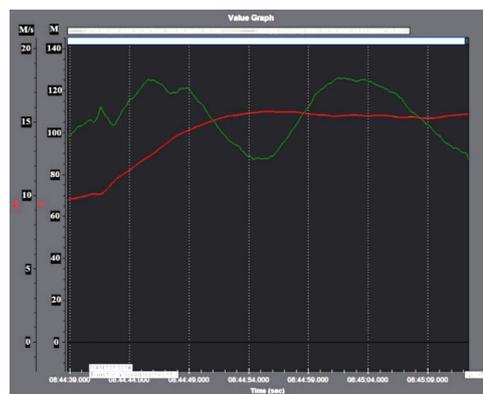
4. Pengujian Mode Transisi

Pengujian mode transisi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan UAV pada saat berubah dari mode *tricopter* ke mode *fixedwing*



Gambar 14. Grafik kecepatan dan ketinggian UAV pada saat transisi

Berdasarkan gambar 14 diketahui bahwa UAV melakukan transisi pada ketinggian 70.5 M dengan kecepatan awal sebesar 0 M/s, kecepatan minimum yang harus dicapai UAV agar bisa melakukan transisi adalah sebesar 15 M/s atau 54 KM/h [8]. Dari percobaan didapati bahwa UAV dapat mencapai kecepatan 15 M/s dari 0.9 M/s hanya dalam waktu 24 detik saja.



Gambar 15. Grafik kecepatan dan ketinggian UAV pada saat *hovering* dalam mode *fixedwing*

Berdasarkan gambar 15 diketahui bahwa UAV melakukan *hovering* dalam mode *fixedwing* pada ketinggian 100 M, jika proses transisi selesai sebelum UAV mencapai ketinggian 100 M, maka UAV akan menambah kecepatan agar bisa mencapai ketinggian 100 M. Kecepatan maksimal UAV pada saat melakukan *hovering* adalah sebesar 18 M/s atau sebesar 64 KM/h. Dalam percobaan ini UAV melakukan *hovering* selama 60 detik atau 1 menit.

Tabel 6. Tabel pengujian mode transisi

Pengujian	Ketinggian (M)	Kecepatan		Waktu (s)
		Awal (M/s)	Akhir (M/s)	
Transisi	70.5 M	0 M/s	15 M/s	24 s
<i>Hovering</i>	100 M	15 M/s	18 M/s	60 s

Setelah dilakukan penerbangan selama beberapa menit menggunakan mode *fixedwing* yang diawali dengan proses transisi dari mode *tricopter* ke mode *fixedwing* diperoleh hasil yang tertera pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan pada saat melakukan transisi hanya selama 24 detik dengan kecepatan 15 M/s pada ketinggian 70,5 M. Pengujian *hovering* menggunakan mode *fixedwing* selama 1 menit pada ketinggian 100 M memperlihatkan bahwa kecepatan maksimal yang diperoleh UAV adalah 18 M/s.

B. Realisasi Alat

1. UAV



Gambar 16. Tampilan keseluruhan UAV

Gambar 16 diatas menunjukkan bentuk utuh UAV yang terbuat dari bahan *styrofoam*. UAV memiliki 3 buah baling-baling yang berguna untuk mengangkat UAV.

2. Sistem Tiltrotor



Gambar 17. Konstruksi sistem tiltrotor

Tiltrotor didesain agar bisa menopang motor servo dan motor *brushless* sekaligus menahan berat UAV pada saat terbang. Berdasarkan gambar 17 diatas dapat kita lihat kontruksi sistem *tiltrotor*.

3. Rear Motor



Gambar 18. Posisi rear motor pada bagian belakang UAV

Rear Motor berguna untuk menyeimbang UAV pada saat berada dalam mode *tricopter* dan berfungsi sebagai penahan ketinggian UAV pada saat melakukan transisi ke mode *fixedwing*. Untuk

melihat posisi dari *rear* motor pada bagian UAV bisa dilihat pada Gambar 18.

C. Pembahasan Alat

Penggunaan sistem *tiltrotor* pada UAV bekerja cukup baik, dapat dilihat dari UAV yang dapat terbang menggunakan sistem *tiltrotor* tersebut. Dari pengujian dalam menggunakan mode *tricopter* dan mode *fixedwing* dapat dilihat bahwa penggunaan arus pada saat melakukan *hovering* dalam mode *fixedwing* lebih sedikit dibandingkan dengan penggunaan arus pada saat melakukan *hovering* menggunakan mode *tricopter*. Penggunaan arus dalam mode *tricopter* dapat dilihat dalam tabel 3, yaitu sebesar 25.93 A sedangkan untuk penggunaan arus pada mode *fixedwing* bisa dilihat pada tabel 4 sebesar 22 A.

Dilihat dari gambar 11 bahwa penggunaan arus pada mode *fixedwing* lebih besar pada saat UAV menambah ketinggian yaitu sebesar 36.83 A, hal ini dikarenakan kecepatan putaran motor depan juga ditambah agar UAV bergerak lebih cepat, pada saat UAV mempertahankan ketinggian arus yang digunakan berkurang secara signifikan yaitu hanya sebesar 11.17 A. Estimasi lama terbang dari UAV ini jika dalam mode *fixedwing* adalah sekitar 20 menit dengan sisa kapasitas baterai digunakan untuk pendaratan.

Dari hasil pengujian kestabilan UAV pada saat melakukan *hovering* menggunakan mode *tricopter* dapat dilihat bahwa UAV cukup stabil walaupun hanya menggunakan 3 buah motor untuk memberikan daya angkat. Pada tabel 5 dapat dilihat bahwa pergerakan *roll* dari UAV hanya sekitar 1° dan pergerakan untuk *pitch* hanya sekitar 0.05° saja sedangkan untuk perubahan nilai *yaw* cukup besar sekitar 10° dikarenakan UAV menyesuaikan arah dengan arah datangnya angin.

Pengujian UAV memperlihatkan bahwa UAV dapat terbang menggunakan mode *fixedwing* tanpa perlu diberikan dorongan terlebih dahulu atau dengan kecepatan awal sebesar 0 M/s. Kecepatan *hovering* pada mode *fixedwing* berkisar antara 15 M/s sampai dengan 18 M/s atau sekitar 54 KM/h sampai dengan 64 KM/h. UAV dapat menempuh kecepatan 54-64 KM/h pada saat melakukan *hovering* dikarenakan bentuk aerodinamis UAV masih terjaga, sehingga pada saat terbang dalam mode *fixedwing* UAV mengalami sedikit hambatan udara.

IV. KESIMPULAN

1. Penggunaan UAV bersayap yang dapat melakukan *take off* secara vertikal akan sangat membantu dalam proses memantau kondisi pasca bencana yang tidak memiliki landasan pacu untuk melakukan *take off*.

2. Penggunaan sistem *tiltrotor* pada UAV dapat diterapkan sebagai pilihan untuk pembuatan sebuah UAV. Berdasarkan data yang disajikan dalam Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa adanya sayap pada mode *tricopter* tidak mengganggu kestabilan UAV dalam melakukan *hovering*, sehingga bisa dikombinasikan UAV *tricopter* dengan UAV bersayap.
3. Berdasarkan hasil penelitian yang terdapat pada Tabel 6 diketahui bahwa UAV mampu terbang dengan kecepatan 18 M/s atau 64 KM/h, oleh karena itu UAV hanya membutuhkan waktu sekitar 18 menit 45 detik untuk mencapai jarak 20 KM. Estimasi lama terbang UAV adalah sekitar 20 menit dengan sisa kapasitas baterai digunakan untuk melakukan pendaratan sehingga diperkirakan UAV mampu melakukan penerbangan sejauh 20 KM.

V. SARAN

1. Dibutuhkan pelatihan pada pilot UAV agar dapat menghindari kerusakan pada UAV saat melakukan pemantauan pada daerah yang terdampak bencana.
2. Pemilihan jenis motor, baterai, ukuran *propeller* dan pertimbangan berat total UAV harus sangat diperhitungkan agar dapat menambah durasi terbang, sehingga UAV dapat melakukan *monitoring* daerah terdampak bencana alam secara lebih baik.
3. Agar dapat membantu pemerintah dengan baik dalam memetakan daerah terdampak bencana alam dibutuhkan sebuah UAV yang kuat dan tahan terhadap terpaan angin yang kencang, oleh karena itu dibutuhkan UAV dengan ukuran besar dan terbuat dari bahan yang lebih kuat dibandingkan *styrofoam* seperti *fiberglass* atau *carbonfiber*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Octory, O. 2015. Foto Udara dengan Menggunakan jenis *Fixed Wing*. *Journal of Geodesy and Geometris*.
- [2] ArduPilot Dev. Team. 2021. *Pixhawk Overview*. Diakses pada 7 September 2021, dari <https://ardupilot.org/copter/docs/common-pixhawk-overview.html>
- [3] Fahmi Mukti, T. 2018. *Autonomous Tricopter: Kaji Analisis Pengaruh Nilai Proportional Integral Derivative Terhadap Kestabilan Terbang*. (Tugas Akhir, Politeknik Negeri Bandung, 2015) Diakses dari <http://digilib.polban.ac.id/download.php?id=7390>

- [4] Srivastava, P., Ninawe, T., Puthran, C., & Niringude, V. 2018. *Quadcopter for Rescue Missions and Surveillance*. *IOSR Journal of Computer Engineering*
- [5] Eprilia MR, Rachma. 2021. *Prototype Antena Tracking Telemetry Frekuensi 433 MHz Berbasis koordinat GPS (Global Positioning System)*. Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [6] R, Darmawan. 2013. *Rancang Bangun Prototype Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dengan Tiga Rotor*. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 47-52
- [7] FeiyuTech. 2012. *Mini 3D Pro 3-Axis Brushless Gimbal*. Diakses pada 7 September 2021, dari <https://www.feiyu-tech.com/mini-3d-pro>
- [8] Chen, Chao dkk. 2016. *Control and flight test of a tilt-rotor unmanned aerial vehicle*. *International Journal of Advanced Robotic System*, 1, 2-11