

**RANCANG BANGUN *AUTONOMOUS SOARING UAV*  
*SURVEILLANCE (FIXED WING TYPE)***

**SKRIPSI**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



**Disusun oleh:  
DAYYAN HANIF  
NPM. 3332190097**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
2024**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Rancang Bangun *Autonomous Soaring UAV Surveillance*  
(*Fixed Wing Type*)

Nama Mahasiswa : Dayyan Hanif

NPM : 3332190097

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 22 Desember 2023

  
METERAI  
TEMBAL  
3354FAKX845291678  
Dayyan Hanif  
NPM.3332190097

## LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa skripsi berikut:

Judul : Rancang Bangun *Autonomous Soaring UAV Surveillance (Fixed Wing Type)*  
Nama Mahasiswa : Dayyan Hanif  
NPM : 3332190097  
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada Selasa, 30 Januari 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS.

### Dewan Penguji

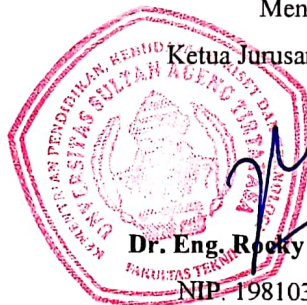
### Tanda Tangan

Pembimbing I : Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng .....  
Pembimbing II : Fadil Muhammad, S.T., M.T. ....  
Penguji I : Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D. ....  
Penguji II : Cakra Adipura Wicaksana, S.T., M.T. ....

Digitally signed by Imamul Muttakin  
Date: 2024.01.30 15:07:00

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro



**Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.**

NIP. 198103282010121001

## PRAKATA

Bismillahirrahmaanirrahiim, segala puji syukur hanya kepada Allah Subhanahuwata'aala, Tuhan semesta alam yang Maha pengasih lagi Maha penyayang, yang telah memberikan rahman rahim-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul Rancang Bangun *Autonomous Soaring UAV Surveillance (Fixed Wing Type)*. Shalawat serta salam yang telah menenangkan hati, penulis curahkan pada junjungan besar Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam, para keluarga, dan sahabatnya semoga sebagai umatnya mendapatkan syafaatnya kelak. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memenuhi Skripsi sebagai salah satu syarat kelulusan untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Dalam proses penyusunan laporan hasil kerja praktik ini telah didapatkan banyak bantuan, pengetahuan dan pengalaman dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan, penulisan laporan, dan penyelesaian penelitian ini, yaitu:

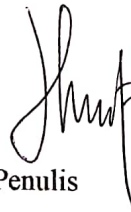
- (1) Ibu dan Bapak penulis yang telah memberikan dukungan, doa, dan semangat saat penulis menyelesaikan studi S1 Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,
- (2) Bapak Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan kemudahan dan izin untuk difinalisasikan hasil akhir laporan;
- (3) Bapak Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing penulis ke-1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan izin dan bimbingannya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi ini;
- (4) Bapak Fadil Muhammad, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing penulis ke-2 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

yang telah membimbing penulisan dalam topik pengajuan judul, dan bimbingan penelitian awal;

- (5) Bapak Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D., dan Bapak Cakra Adipura Wicaksana, S.T., M.T., selaku dosen Penguji pada sidang skripsi sarjana Program Studi Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
- (6) Bapak Prof. Jack W. Langelaan, B.Sc., M.Sc., Ph.D., selaku Professor *Aerospace Engineering* pada *Pennsylvania State University* yang telah memberikan jurnal secara khusus tentang *autonomous soaring* UAV beserta tata cara perhitungan finalnya; dan
- (7) Para Guru yang terus menerus membimbing penulis agar tetap dalam jalan yang lurus dan diberkahi oleh Allah S.W.T.

Penulis sangat menyadari bahwa hasil dari penelitian ini masih memiliki kekurangan, namun penulis berharap hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis sendiri. Oleh karena itu berbagai kritik dan saran, sangat penulis harapkan untuk kemajuan hasil penelitian ini.

Cilegon, 30 Januari 2024



Penulis

## ABSTRAK

Dayyan Hanif  
Teknik Elektro

Rancang Bangun *Autonomous Soaring UAV Surveillance (Fixed Wing Type)*

Dibutuhkan suatu penghematan pada UAV bertipe pesawat, *soaring* merupakan solusi penghematan energi tersebut. Skripsi ini membahas penghematan energi *surveillance fixed wing UAV*. Dirancang berdasarkan *SB-XC Glider, Intelligent Navigation System for Aerial Vehicles (INAV)* sebagai *firmware-software*, dan dengan metode penerbangan *loiter soaring* berdasarkan kunci posisi *Global Positioning System (GPS)*, serta memiliki fitur *waypoint mode* dimimum ketinggian 400m dari hasil *soaring*. Hasilnya *static loiter radius* 60m lebih efektif dibandingkan 30m, performa penghematan tertinggi dengan durasi 47,7menit, 30,2km *distance*, konsumsi baterai 2,8Ah/jam, efisiensi energi 167,73%, peningkatan 109,24%, dan mengalami penghematan 85,135% (*normal vs soaring*), serta *mean error* navigasi *Latitude* 6,009% dan *Longitude* 2,153%.

Kata Kunci:

Kendali otonom, Sistem jarak jauh, Sistem kecerdasan navigasi untuk kendaraan udara (INAV), Pesawat pengawas tanpa awak, Pesawat layang

## **ABSTRACT**

Dayyan Hanif  
Electrical Engineering

### **Autonomous Soaring UAV Surveillance Design (Fixed Wing Type)**

Savings are needed on aircraft type UAVs, soaring is an energy saving solution. This thesis discusses energy savings for surveillance fixed wing UAVs. Designed based on the SB-XC Glider, Intelligent Navigation System for Aerial Vehicles (INAV) as firmware-software, and with a loiter soaring flight method based on Global Positioning System (GPS) position locking, also has a waypoint mode feature with a minimum altitude of 400m from the soaring results. The result is that a static loiter radius of 60m is more effective than 30m, the highest saving performance with a duration of 47.7 minutes, 30.2km distance, battery consumption of 2.8Ah/hour, energy efficiency of 167.73%, an improvement of 109.24%, and a savings of 85.135% (normal vs soaring), and the mean navigation error for Latitude is 6.009% and Longitude is 2.153%.

#### **Keywords:**

Autonomous, Long range system, Intelligent Navigation System for Aerial Vehicles (INAV), Surveillance UAV, Soaring glider

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. <i>Unmanned Aerial Vehicle (UAV)</i> .....	6
2.2. <i>Dinamika Soaring Glider</i> .....	6
2.3. <i>Desain dan Material</i> .....	7
2.4. <i>Intellegent Navigation of Aerial Vehicle (INAV)</i> .....	9
2.5. <i>MATEK SYS F405-STD Flight Controller</i> .....	9
2.6. <i>915MHz Telemetry</i> .....	10
2.7. <i>Motor dan Servo</i> .....	10
2.8. <i>Electronic Speed Controller (ESC)</i> .....	11
2.9. <i>Global Positioning System (GPS)</i> .....	11
2.10. <i>Air Speed Sensor</i> .....	12
2.11. <i>First Person View (FPV) Systems</i> .....	12



2.12. Fly Sky FS-I6X <i>Radio Control</i> (RC).....	13
2.13. <i>Blackbox Reader</i> .....	13
2.14. Kajian Pustaka.....	14
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>16</b>
3.1. Metodologi Penelitian.....	16
<b>BAB IV ANALISIS DAN HASIL</b> .....	<b>23</b>
4.1. Hasil Perancangan.....	23
4.2. Hasil Perakitan.....	25
4.3. Hasil Performa <i>Soaring</i> .....	36
4.4. Hasil Performa <i>Waypoint</i> .....	46
4.5. Hasil Performa <i>Video Link</i> .....	48
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>50</b>
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN A LISTING CODE COMMAND LINE INPUT (CLI)</b> ..A-1	
<b>LAMPIRAN B GAMBAR</b> .....	<b>B-1</b>
<b>LAMPIRAN C TABEL</b> .....	<b>C-1</b>
<b>LAMPIRAN D LAPORAN HARIAN PENELITIAN</b> .....	<b>D-1</b>
<b>LAMPIRAN E FORM TA-01</b> .....	<b>E-1</b>
<b>LAMPIRAN F FORM TA-02</b> .....	<b>F-1</b>
<b>LAMPIRAN G FORM TA-03</b> .....	<b>G-1</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Skema Diagram Sistem <i>Autonomous Soaring UAV Surveillance</i>	18
Gambar 3.2	Alur <i>Autopilot Development</i> .....	19
Gambar 3.3	<i>Key Mapping Radio Control (RC)</i> .....	19
Gambar 3.4	Penentuan <i>Waypoint</i> Pengujian Navigasi.....	20
Gambar 3.5	Alur Pengambilan Data.....	20
Gambar 3.6	Alur Pengujian Performa.....	21
Gambar 3.7	Pengujian Performa <i>Video Link</i> .....	22
Gambar 4.1	Hasil Perancangan <i>Glider</i> .....	23
Gambar 4.2	<i>Ground Control Station (GCS)</i> .....	24
Gambar 4.3	<i>Ground Monitoring Station (GMS)</i> .....	25
Gambar 4.4	<i>A Succesful 30 km Flight of a Glider (Flight Log 8)</i> .....	26
Gambar 4.5	RC Transmitter dengan 915MHz ELRS dan HC-05 module.....	28
Gambar 4.6	Gambar 4.6 Stasiun Monitoring Bawah, (A) Tampak Kiri, (B) Tampak Belakang, (C) Tampak Depan.....	30
Gambar 4.7	INAV Configurator Setup Tab.....	32
Gambar 4.8	<i>Waypoint Mission</i> .....	36
Gambar 4.9	Performa <i>Soaring</i> .....	38
Gambar 4.10	<i>Static vs Dynamic Soaring, (A) Flight Log 7 Static Soaring,</i> <i>(B) Flight Log 8 Soaring with Eagle</i> .....	41
Gambar 4.11	<i>Waypoint dan Hasil Tracking pada Mission Mode</i> .....	46
Gambar 4.12	Hasil Gambar pada <i>Surveillance Video</i> Terekam.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	<i>PID Settings</i> .....	33
Tabel 4.2	<i>Loitering Mode Calculation Result</i> .....	35
Tabel 4.3	Rata-Rata Kecepatan <i>Glide</i> .....	37
Tabel 4.4	Total Energi yang Didapat.....	39
Tabel 4.5	<i>Thermal to Climb Efficiency Improvement</i> .....	39
Tabel 4.6	<i>Flight Performance Summary</i> .....	43
Tabel 4.7	Perbandingan Konsumsi Baterai.....	46
Tabel 4.8	Tingkat <i>Error</i> pada <i>Tracking</i> Navigasi GPS.....	47

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan sebuah teknologi pesawat terbang memiliki kemajuan yang sangatlah pesat di seluruh dunia tidak terkecuali di Indonesia, khususnya di bidang pesawat terbang tanpa awak atau yang dapat disebut dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) [1]. Indonesia memiliki wilayah yang sangatlah luas dan memiliki beraneka ragam kondisi geografis dan geostrategisnya yang dipecah oleh lautan luas dan di kelilingi beberapa basis militer Negara adikuasa. Diperlukan sebuah pemantau udara sehingga kegiatan kondisi suatu wilayah dapat diperhatikan dengan baik [2].

Pada awal perkembangannya menunjukkan hasil yang sangat positif, kemampuan jarak jauhnya masih belum diketahui dan mempunyai potensi besar untuk digunakan dalam bidang militer di masa depan, sangat jelas bahwa perkembangan teknologi ini dapat membuat kekuatan udara militer menjadi jauh lebih efisien, rendah biaya, dan tidak memberikan efek bahaya pada *pilot* [3]. Dibutuhkan sebuah kendaraan udara tak berawak yang dapat berfungsi secara penuh dalam kendali otonom yang memiliki artian sebuah sistem yang mampu untuk beroperasi dengan acuan sensor yang dikendalikan oleh *flight controller* tanpa adanya campur tangan pilot [4].

Pengembangan ini menjadi semakin menarik untuk diinvestasikan dan dikembangkan lebih lanjut dari banyaknya Negara di seluruh dunia, dikarenakan keuntungan besar dalam penggunaannya. Tentu saja bahwa UAV masih memiliki masalah pada penyediaan energi dalam peruntukan sistem operasi yang lebih tahan lama, khususnya pada tipe *rotary wings* mengkonsumsi lebih boros energi dibandingkan dengan *drone* berjenis *fixed wing*, dengan rata-rata durasi penggunaan dibawah 60 menit [5][6]. Angin *thermal* yang disebabkan oleh konveksi lapisan bawah atmosfer, digunakan oleh burung elang dan *glider pilot* untuk memperpanjang durasi penerbangan, meningkatkan kecepatan *cross-country*, memperluas jangkauan terbang, atau bahkan hanya untuk menghemat energi burung elang atau konsumsi energi listrik pesawat itu sendiri [7][8].

Pengendalian terbang *soaring* telah dirancang sehingga dapat melakukan terbang *soaring* secara otonom ketika UAV mempertahankan posisi realtifnya terhadap objek yang bergerak [9]. Permasalahan ditemukan ketika sebuah simulasi dilakukan untuk menganalisis keterbatasan pengendali *soaring* dalam beberapa kondisi yang berbeda. Pengaruh perubahan kecepatan angin dan *updraft* yang telah dianalisis pada penelitian terdahulu, menunjukkan bahwa peningkatan *updraft* mengurangi konsumsi energi pada penerbangan. Peningkatan kecepatan angin menghasilkan kebutuhan *updraft* yang lebih tinggi, sedangkan penurunan kecepatan angin membutuhkan sedikit *updraft* [10][11].

Permasalahan lain ditemukan pada saat pengambilan data yang ada pada UAV pada saat terbang dan setelah terbang, hal ini dapat diatasi dengan cara menggunakan *toolkit blackbox Intellegent Navigation for Aerial Vehicle (INAV)* dan layanan *Google Earth Pro*. Dengan cara ini jalur penerbangan sebenarnya dari pesawat dapat disimpan seperti parameter kecepatan, ketinggian penerbangan yang bersesuaian dengan hasil pembacaan dari *Global Positioning System (GPS)* yang telah dibuat. Korespondensi telah dibuat dari nilai yang terprogram dan dimasukkan ke dalam pengendali pesawat sebelum diluncurkan, yang hasilnya data penerbangan sebenarnya dari pesawat disimpan dalam *blackbox* pengendali penerbangan [12][13].

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan permasalahan sebuah rancang bangun *autonomous soaring on UAV*, menunjukkan hasil dalam bentuk performa berupa jarak tempuh, dan durasi penerbangan. Pada penelitian tersebut digunakan *glider SBXC* dengan berat total 7kg dan sayap utama sepanjang 4,2m, menghasilkan performa penerbangan *autonomous soaring UAV* selama lebih dari 5jam, dan dengan jarak tempuh lebih dari 70mil atau setara dengan 112,65km, dan lebih dari 11jam sebagai sistem bahan bakar elektrik yang dipadukan dengan tenaga surya sebagai pengisian ulangnya [14][15].

Dari permasalahan kondisi yang telah dipaparkan di atas, penelitian skripsi ini merancang sistem *autonomous soaring* pada UAV bertipe *fixed wing* yang dimanfaatkan sebagai *aerial surveillance*, dengan metode pemanfaatan sebuah energi angin *thermal* untuk mendapatkan *lift* secara terbarukan. Digunakan juga sebuah sistem *blackbox flight controller* dan *Ground Control Station (GCS)* sebagai

pembacaan, dan penyimpanan data pada sistem, serta INAV *firmware* dan *software* digunakan sebagai *configurator* utama.

## 1.2. Rumusan Masalah

Pada penelitian ini terdapat tiga permasalahan utama yang diharapkan dapat diselesaikan diantaranya:

1. Diperlukan cara untuk merancang bangun UAV *fixed wing* yang dikhususkan untuk *surveillance* dan memiliki fitur utama penghematan berdasarkan *autonomous soaring*.
2. Pembacaan data saat dan setelah terbang pada UAV selalu mengalami kendala pada sistem manual, maka dari itu diperlukan sebuah sistem pembacaan data yang lebih baik.
3. Diperlukan sebuah cara untuk mengatasi keterbatasan kendali jarak jauh agar UAV dapat terbang diluar *line of sight* secara optimal sebagai sistem pemantauan udara.
4. Performa penghematan energi belum dapat diketahui secara pasti untuk sebuah UAV *glider* dengan fitur *autonomous soaring*, maka dari itu diperlukan data pasti untuk hasil penghematan tersebut.
5. Performa navigasi pada *autonomous soaring surveillance* UAV belum diketahui, maka dari itu diperlukan data pasti untuk hasil *waypoint* tersebut.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini memiliki beberapa tujuan yang diharapkan tercapai, diantaranya:

1. Mengetahui cara merancang bangun sistem *auto-soar* UAV *surveillance*.
2. Mengetahui cara membaca data UAV saat dan setelah terbang.
3. Mengetahui optimalisasi sinyal transmisi dan video jarak jauh.
4. Mengetahui performa penghematan energi UAV dari sistem *auto-soar*.
5. Mengetahui performa navigasi pada *auto-soar surveillance* UAV.

#### 1.4. Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat dari penelitian yang dilakukan, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Sebagai metode dan referensi penelitian *autonomous soaring surveillance fixed wing* UAV selanjutnya.
2. Pemanfaatan energi kinetik pesawat dan konveksi angin thermal sebagai penghematan energi listrik UAV.
3. Sebagai metode pembacaan data UAV saat dan setelah terbang.
4. Dapat diaplikasikan sebagai alat bantu pemetaan wilayah, pengawasan wilayah, serta bantuan udara pada operasi militer.

#### 1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian mengenai sebuah rancang bangun sistem *autonomous soaring UAV surveillance fixed wing type*, dapat ditentukan batasan masalah diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Desain UAV didasarkan RNR's SB-XC *glider*, radio 915MHz, dan video 5,8GHz.
2. Jumlah pengujian hanya dilakukan hingga tercapainya minimal ketinggian 400m dari hasil performa *soaring* yang sukses dilanjutkan dengan selesainya mode penerbangan *waypoint*.
3. *Software* dan *firmware* dirancang pada INAV, dan dinamika terbatas pada *wind speed*, dan *loiter radius*.
4. Performa *soaring* dinilai berdasarkan penerbangan normal, digunakan perbandingan efisiensi, konsumsi energi, dan persamaan *improvement*.
5. Performa navigasi dinilai berdasarkan tingkat rata-rata keakuratan dengan persamaan persentase *error* menggunakan skala 100m.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Pada penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab. Isi setiap bab dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I

Bab ini menjelaskan tentang mengenai latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, tempat dan waktu penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

Selanjutnya,

## BAB II

Bab ini berisi tentang penelitian terdahulu yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan pada kegiatan penelitian ini. Bab ini juga berisi tentang dasar-dasar teori mengenai *Telemetry*, *Ground Control Station*, *Flight Controller*, *Autonomous Soaring*, *Flight Mode*, *Surveillance*, dan sebagainya.

Kemudian, pada

## BAB III

Bab ini berisikan tentang penjelasan mengenai metode yang digunakan, alur dalam penelitian, rancang bangun yang ditawarkan, alur persiapan *configurator* sistem alur persiapan penerbangan, dan alur pengujian data.

Selanjutnya, pada

## BAB IV

Bab ini berisi tentang hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan beserta dengan analisis sesuai dengan batasan dan parameter yang digunakan.

## BAB V

Berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Malik, A. *Rancang Bangun Pesawat Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*. EPrints Tugas Akhir Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 2017. No. 022.
- [2] Sulo, A.F.B., R.O. Bura, S. Aritonang. *Pemanfaatan UAV untuk Mendukung Pertahanan Udara IKN Nusantara Sebagai Centre of Gravity*. Journal Education and Development, Institut Pendidikan Tapanuli Selatan. 2022. Vol. 10, No. 3, pp 1-5.
- [3] Glade, D. *Unmanned Aerial Vehicles: Implications for Military Operations*. Occasional Paper, Maxwell Air University Press. 2000. No. 16.
- [4] Barnhart, R.K., S.B. Hottman, D.M. Marshall, E. Shapee, *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*. 2012, New York, United States of America: CRC Press Taylor and Francis Group.
- [5] Pham, K.L., J. Leuchter, R. Bystricky, M. Andrie, N.N. Pham, V.T. Pham. *The Study of Electrical Energy Power Supply System for UAVs Based on the Energy Storage Technology*. Aerospace Journal, Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2022. Vol. 9, No. 500.
- [6] Meyer, J., F.D. Plessis, W. Clarke. *Design Considerations for Long Endurance Unmanned Aerial Vehicles*. Aerial Vehicles Journal, Intech Journal. 2009. No. 22, pp 443-496.
- [7] Allen, M.J. *Guidance and Control of an Autonomous Soaring UAV*. NASA Dryden Flight Research Center, Edwards, California. 2007. No. 214611.
- [8] Bencatel, R., J.B.D. Sousa, A.N. Girard. *Atmospheric Flow Field Models Applicable for Aircraft Endurance Extension*. Progress in Aerospace Science Journal, Science Direct. 2013. Vol. 61, pp 1-25.
- [9] Jong, C.P.L.D., B.D.W. Remes, S. Hwang, C.D. Wagter. *Never Landing Drone: Autonomous Soaring of a Unmanned Aerial Vehicle in Front of a Moving Obstacle*. International Journal of Micro Air Vehicles, SAGE Journals. 2021. Vol. 13, pp. 1-12.

- [10] Depenbusch, N.T., J.J. Bird, J.W. Langelaan. *The AutoSOAR Autonomous Soaring Aircraft Part 1: Autonomy Algorithms*. Journal of Field Robotics, Wiley Online Library. 2018. Vol. 35, Issue 4.
- [11] Schermann, E., H. Omran, S. Durand, R. Kiefer. *Stochastic Trajectory Optimization for Autonomous Soaring of UAV*. International Federation of Automatic Control Papers Online, Science Direct. 2019. Vol. 52, Issue 16, pp 562-567.
- [12] Lienkov, S., A. Myasishev, O. Banzak, L. Komarova, N. Lytvynenko, O. Miroshnichenko. *Construction of an Aircraft-Type UAV for Flight Along a Given Trajectory in the Automatic Mode*. International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, World Academy of Research in Science and Engineering. 2020. Vol. 8, No. 9.
- [13] Marc. *How to Easily Show INAV Flight Paths in Google Earth*. 2022. Tersedia dari: [https://www.youtube.com/watch?v=3uhJy9\\_XnKg](https://www.youtube.com/watch?v=3uhJy9_XnKg). [URL dikunjungi pada 08 April 2023]
- [14] Andersson, K., I. Kammer, K.D. Jones. *Autonomous Soaring: Flight Test Results of a Thermal Centering Controller*. American Institute of Aeronautics and Astronautics Guidance, Research Gate. 2010.
- [15] Allen, M.J., V. Lin. *Guidance and Control of an Autonomous Soaring Vehicle with Flight Test Results*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Aerospace Research Central. 2007.
- [16] Ekka, P. *A Review Paper on Unmanned Aerial Vehicle (U.A.V.)*. Innovation in Micro-Electronics Signal Processing and Communication Technologies, International Journal of Engineering Research and Technology. 2017. Vol. 5, Issue 23.
- [17] FAA, *Glider Flying Handbook: Chapter 3 Aerodynamics of Flight*. 2022, United States Department of Transportation: Federal Aviation Administration.
- [18] FAA, *Glider Flying Handbook: Chapter 10 Soaring Techniques*. 2022, United States Department of Transportation: Federal Aviation Administration.

- [19] Saroinsong, H.S., V.C. Poekoel, P.D.K. Manembu. *Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot*. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer, Universitas Sam Ratulangi Manado. 2018. Vol. 7, No. 1.
- [20] Benson, T. *Wing Geometry Definitions*. 2023. Tersedia dari: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/VirtualAero/BottleRocket/airplane/geom.html>. [URL dikunjungi pada 05 April 2023]
- [21] STEM. *STEM on Site Summer Program: Glider Design Challenge*. University of Milwaukee School of Engineering. 2012. Pp 1-5.
- [22] Spsychalski, P. *INAV*. 2022. Tersedia dari: <https://github.com/iNavFlight/inav/wiki/>. [URL dikunjungi pada 06 April 2023]
- [23] Sigalos, A., M. Papoutsidakis, A. Chatzopoulos, D. Piromalis. *Design of a Flight Controller and Peripherals for a Quadcopter*. International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, Research Gate. 2019. Vol. 4, Issue 5, pp 463-470.
- [24] MATEKSYS. *Flight Controller F405-STD*. 2023. Tersedia dari: <http://www.mateksys.com/?portfolio=f405-std>. [URL dikunjungi pada 06 April 2023]
- [25] Iskandar, H.R., S. Basuki, M.R. Hidayat, A.D. Setiawan, D. Rukanda, S.U. Prini. *Wireless Telemetry for Real-time Monitoring of Photovoltaic Application System using Monopole Antenna 3DRobotics Radio 915 MHz*. International Conference on Telecommunication Systems, Services, and Applications, Reseach Gate. 2019. Vol, 70.
- [26] Motion RC. *Understanding Brushless RC Motor Specifications*. 2016. Tersedia dari: <https://www.motionrc.com/blogs/motion-rc-blog/understanding-brushless-rc-motor-specifications>. [URL dikunjungi pada 06 April 2023]
- [27] Memoriano, E. *Augmented Reality and Global Positioning System (GPS) for Indoor and Outdoor Navigation using Features from Accelerated Segment Test (FAST) Corner Detection Algorithm and A-Star Algorithm*.

- Journal of Advances in Information Systems and Technology, Universitas Negeri Semarang. 2020. Vol. 2, No. 2, pp 31.
- [28] Team Black Sheep. *TBS M8.2 GPS GLONASS*. 2023. Tersedia dari: [https://www.team-blacksheep.com/products/prod:tbs\\_m82\\_gps](https://www.team-blacksheep.com/products/prod:tbs_m82_gps). [URL dikunjungi pada 06 April 2023]
- [29] TEConnectivity. *MS4525DO*. 2019. Tersedia dari: <https://www.jakelectronics.com/pdf/datasheets/teconnectivitymeasurement-specialties-4525dods5ai001dp-datasheets-2141?product=teconnectivitymeasurementspecialties-4525dods5ai001dp-4688294>. [URL dikunjungi pada 07 April 2023]
- [30] Flora. *FPV Guide: What is FPV Systems?*. 2013. Tersedia dari: <https://www.gensace.de/news/what-is-fpv-systems/>. [URL dikunjungi pada 07 April 2023]
- [31] Hudson, J. *Tools for Working with Blackbox Flight Logs*. 2021. Tersedia dari: <https://github.com/iNavFlight/blackbox-tools>. [URL dikunjungi pada 07 April 2023]
- [32] Hudson, J. *KML Generator for Inav Blackbox, OpenTX, BulletGCSS logs*. 2023. Tersedia dari: <https://github.com/stronnag/bbl2kml>. [URL dikunjungi pada 07 April 2023]
- [33] Liu, T. *Evolutionary understanding of airfoil lift*. Advances in Aerodynamics Journal, Springer Journal. 2021. Vol. 3, Issue 37, pp. 1 – 24.
- [34] Zhao, J., J. Li, L. Zheng. *Energy-Harvesting Strategy Investigation for Glider Autonomous Soaring Using Reinforcement Learning*. Aerospace Journal, Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 2023. Vol. 10, Issue 895.
- [35] Ellias, J. *Performance Testing of RNR's SBXC Using GPS*. 2023. Tersedia dari: <http://www.xcsoaring.com/techPicts/%20Ellias%20performance%20test.pdf>. [URL dikunjungi pada 03 Juni 2023]
- [36] Airfoil Tools. *S2048 (s2048-il)*. 2023. Tersedia dari: <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=s2048-il>. [URL dikunjungi pada 28 Juni 2023]

- [37] Graylogix. *BLDC A2212/13T/1000 KV Brushless DC Motor*. 2023. Tersedia dari: <https://www.graylogix.in/product/bldc-a2212-13t-1000-kv-brushless-dc-motor>. [URL dikunjungi pada 15 September 2023]
- [38] Frasca, M. *Finding the Centre of Gravity*. 2009. Tersedia dari: <https://hemfc.org.au/documents.php>. [URL dikunjungi pada 2 November 2023]
- [39] Mayland, B. *ExpressLRS V3.3.0*. 2023. Tersedia dari: <https://github.com/ExpressLRS/ExpressLRS/releases>. [URL dikunjungi pada 07 November 2023]
- [40] Kustarev, V. *Cloverleaf Antenna Analysis and Online Calculator*. 2022. Tersedia dari: <https://3g-aerial.biz/en/cloverleaf-antenna>. [URL dikunjungi pada 10 November 2023]
- [41] Skaringa, M. *Double BiQuad Sector Antenna for 5-5.8 GHz / WiFi / WLAN*. 2014. Tersedia dari: <https://buildyourownantenna.blogspot.com/2014/07/double-biquad-sector-antenna-for-5-ghz-wifi.html>. [URL dikunjungi pada 10 November 2023]
- [42] Khalid, N., M.S. Shuvo, P. Mondol, N.H. Muntasir. Comparative Performance of Quadcopters and Fixed-wing Drones in Automation of Bangladesh Agriculture. *London Journal of Research in Science: Natural and Formal*, London Journal Press. 2022. Vol. 22, Issue 11, pp 1-8.