

## Fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Prototype as a Tool for Delivering Aid Packages in Disaster-affected Areas

M. Khoirul Hasin<sup>1\*</sup>, Noorman Rinanto<sup>1</sup>, A. Arif Zuchal Ulya<sup>1</sup>, Lilik Subiyanto<sup>1</sup>, M. Basuki Rahmat<sup>2</sup>, and Urip Mudjiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Automation Engineering Program Study, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, INDONESIA

<sup>2</sup> Marine Electrical Engineering Program Study, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, INDONESIA

\*Corresponding Author email : [khoirul.hasin@ppns.ac.id](mailto:khoirul.hasin@ppns.ac.id)

### Abstract

Delays in delivering aid, especially medicines, to areas affected by natural disasters can prolong the suffering of victims and increase the risk of death. Therefore, in this study we propose the creation of a fixed-wing (FW) UAV prototype that is capable of carrying emergency aid in the form of medicines to remote or isolated areas after a natural disaster. This type of UAV is capable of flying long distances with sufficient payload to deliver emergency aid to remote areas that are difficult to reach. The prototype frame is made of balsa wood and the fuselage is made of solid Styrofoam. The electrical system consists of three servos to control the wings and tail, a brushless motor (BLDC) as the main driver, and a 6-channel controller and radio telemetry as a data transmission device. In addition, this prototype is equipped with a number of sensors such as GPS, altitude, speed, and a digital camera. In this study, system evaluation was conducted in limited laboratory and field tests with a focus on several things, including servo angle testing, brushless DC (BLDC) motors, telemetry device range, and communication data transmission performance. The results of testing both mechanically, electrically, and software showed good performance so that this prototype is ready to be operated in areas affected by natural disasters.

**Keywords:** Natural disasters; fixed-wing UAVs; package delivery; emergency aid; GCS.

### 1. Introduction

Indonesia merupakan negara yang rawan terhadap bencana alam. Gempa bumi, tsunami, dan banjir merupakan beberapa contoh bencana yang kerap terjadi di berbagai daerah di Indonesia. Bencana alam tersebut kerap kali mengakibatkan kerusakan infrastruktur yang parah, menghambat akses ke daerah terdampak, serta memperlambat penyaluran bantuan darurat. Keterlambatan ini dapat berakibat fatal, memperpanjang penderitaan korban, dan meningkatkan risiko kematian. Salah satu contoh kasus yang menunjukkan dampak fatal dari keterlambatan penyaluran bantuan darurat adalah gempa bumi dan tsunami di Palu pada tahun 2018. Akses ke daerah terdampak bencana terhambat oleh kerusakan infrastruktur, sehingga penyaluran bantuan darurat pun tertunda [1]. Hal ini mengakibatkan banyak korban tidak menerima bantuan tepat waktu dan meninggal dunia. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan solusi yang dapat mempercepat dan mengefektifkan penyaluran bantuan darurat ke daerah terpencil terdampak bencana. Salah satu solusi yang memungkinkan adalah dengan menggunakan Pesawat Udara Nirawak (UAV) sayap tetap. UAV sayap tetap memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode penyaluran bantuan darurat tradisional. Pertama, UAV mampu terbang jarak jauh dengan muatan yang cukup untuk mengantarkan pertolongan darurat ke daerah terpencil

yang sulit dijangkau. Kedua, UAV berukuran kecil, tidak seperti pesawat berawak, sehingga memungkinkan mobilitas tinggi dalam operasi penyelamatan di daerah terpencil [2]. Ketiga, UAV dapat digunakan untuk memetakan daerah bencana dan membantu tim SAR menemukan korban [3]. Berdasarkan hal tersebut di atas, penelitian ini mengusulkan pembuatan prototipe UAV sayap tetap yang mampu mengantarkan pertolongan darurat berupa paket pertolongan pertama ke daerah terpencil yang sulit dijangkau akibat bencana alam dan sekaligus membantu tim penyelamat memetakan daerah terdampak. Penelitian ini memiliki urgensi yang cukup tinggi karena dapat menyelamatkan nyawa korban bencana dan membantu tim penolong dalam melakukan pekerjaannya. Adapun tujuan penelitian ini adalah menciptakan sebuah prototip UAV yang dapat mengantarkan paket pertolongan pertama berupa obat-obatan dan membantu mengambil data foto kondisi di lokasi bencana yang terisolasi.

Pemanfaatan UAV untuk aplikasi mitigasi dan tanggap bencana pada operasi pencarian dan penyelamatan (SAR) menggunakan drone quadcopter dan kamera yang dilengkapi dengan metode deteksi manusia berbasis YOLOv3 telah dilakukan oleh Valarmathi et al. [4]. Model UAV multirotor untuk menghitung dan menganalisis kerugian material pada penduduk akibat tanah longsor diusulkan oleh Rivai et al. [5]. Selain untuk bencana alam, pengoperasian drone UAV untuk keperluan logistik jasa pengiriman paket juga sudah dilakukan di Tiongkok [6], Indonesia [7], Amerika [8]. Namun, model UAV yang digunakan pada penelitian di atas sebagian besar menggunakan tipe multirotor dan masih jarang yang menggunakan tipe FW (Fixed-Wing) sayap tetap. Biaya pembuatan UAV multirotor ini cenderung lebih mahal dibandingkan dengan FW-UAV. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan prototipe UAV dengan model sayap tetap yang terbuat dari stereoform untuk menekan biaya operasional dan variasi winglet dan wingtip untuk efisiensi baterai [9] dan meningkatkan karakteristik aerodinamik [10]. Penggunaan UAV tipe FW ini terbukti efektif apabila wilayah operasi cukup luas, sebagaimana yang dikemukakan oleh Sugeng et al. [11]. Selain itu, jenis ini lebih stabil saat ada gangguan angin dibanding dengan tipe multirotor [12].

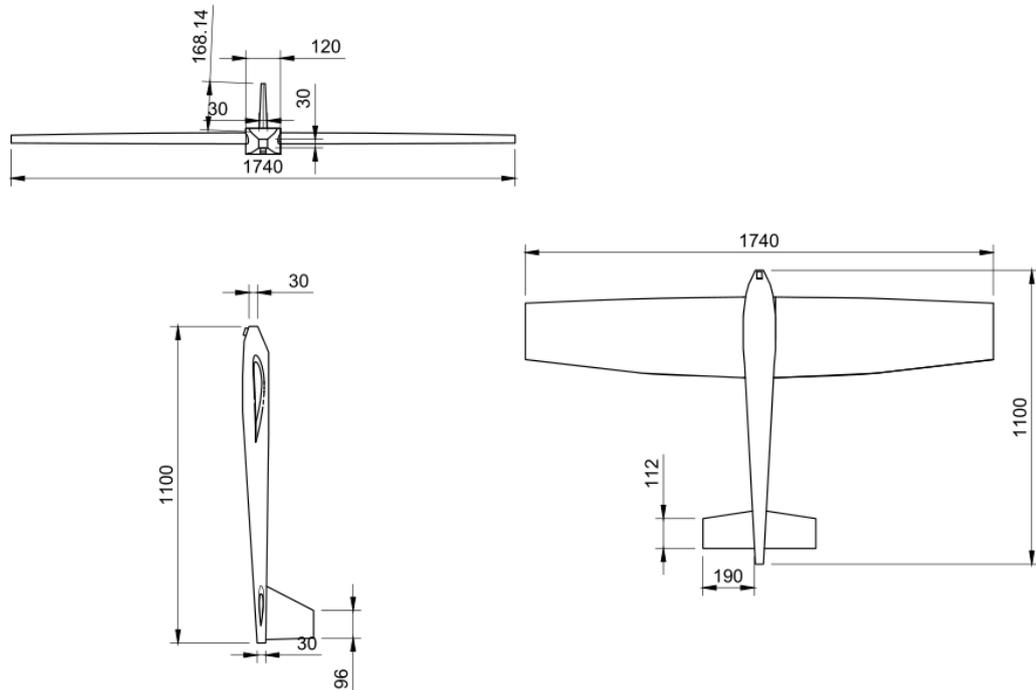
## 2. Material and methods

Bagian ini mendiskusikan tentang desain prototip UAV beserta penjelasan material yang digunakan, serta sistem pengendali UAV menggunakan pengontrol jarak jauh beserta penjelasan diagram kelistrikannya, selain itu juga dibahas mengenai metode pengujian kinerja prototip yang terbatas dalam skala laboratorium dan lapangan.

### 2.1 Desain Prototip UAV

Analisis desain teknis pesawat sayap tetap (FW) bertujuan untuk memahami dan menyempurnakan komponen-komponen utama seperti sayap, ekor, badan pesawat, dan baling-baling. Hal ini dilakukan melalui simulasi aerodinamis, pengujian material, dan pengujian struktural. Setiap komponen utama diuji dan dianalisis untuk memastikan kinerja optimal dan keandalan yang tinggi. Hasil desain prototip UAV penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 1 dan gambar 2. Dimana gambar 1 menunjukkan dimensi dari model pesawat yang memiliki bentang sayap selebar 1740 mm dan panjang badan pesawat sebesar 1100 mm. Tinggi total UAV dari dasar hingga puncak ekor vertikal adalah 168,14 mm, sementara lebar badan di bagian tengah mencapai 120 mm. Sayap memiliki ketebalan sekitar 30 mm di bagian tengah, menunjukkan desain aerodinamis yang ramping dan ringan. Bagian ekor terdiri dari stabilisator horizontal dengan panjang 190 mm dan jarak 112 mm dari ujung badan pesawat. Di bagian bawah ekor terdapat penambahan ketebalan sekitar 96 mm. Dimensi ini menunjukkan bahwa UAV dirancang untuk kestabilan dan efisiensi aerodinamika, cocok untuk keperluan pengawasan udara, pemetaan, atau misi

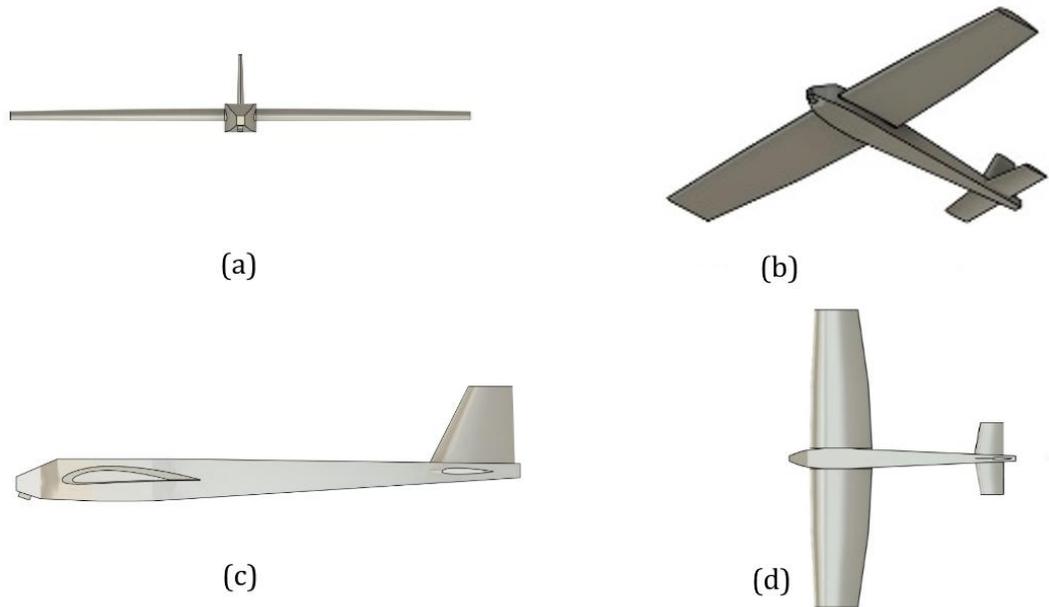
survei jarak jauh dengan bobot ringan dan struktur efisien. Sedangkan gambar 2 merupakan hasil desain yang telah dirender pewarnaan pada bodi pesawat UAV.



**Gambar 1: Desain prototipe UAV beserta ukuran dimensinya.**

Desain pesawat yang sederhana, dengan kemampuan manuver yang baik, stabilitas yang unggul, dan daya tahan yang tinggi, dipilih untuk memudahkan kontrol dan pengoperasian bagi pilot pemula dan berpengalaman. Konfigurasi trainer dipilih untuk tujuan ini. Pesawat menggunakan konfigurasi semi mid-wing, di mana posisi sayap tidak sepenuhnya berpusat pada badan pesawat tetapi sedikit lebih rendah. Konfigurasi semi mid-wing ini menawarkan kemampuan manuver yang lebih baik dan stabilitas yang lebih tinggi daripada konfigurasi low-wing. Hal ini memungkinkan pesawat untuk melakukan putaran yang cepat dan efisien selama penerbangan. Selain itu, desain sayap tengah semi menyediakan ruang ekstra di bawah badan pesawat untuk komponen seperti muatan dan kamera, sehingga pesawat lebih fungsional dan fleksibel untuk berbagai aplikasi.

Sayap pesawat, yang memainkan peran penting dalam menghasilkan daya angkat, harus memastikan stabilitas dan keseimbangan. Material yang dipilih harus ringan namun kuat untuk mengoptimalkan kinerja aerodinamis. Distribusi beban dan titik angkat diuji menggunakan uji terowongan angin dan analisis manual untuk mencegah ketidakstabilan selama penerbangan. Ekor pesawat, termasuk penstabil horizontal dan penstabil vertikal, berfungsi untuk mengendalikan arah dan menjaga stabilitas. Simulasi aerodinamis digunakan untuk menguji kinerja desain ekor dalam berbagai kondisi penerbangan. Badan pesawat dirancang untuk menahan beban komponen lain dan menampung sistem elektronik dan mekanis. Bentuk aerodinamis yang optimal diuji untuk mengurangi hambatan dan meningkatkan efisiensi penerbangan. Baling-baling menghasilkan daya dorong untuk mendorong pesawat ke depan, dan efisiensi baling-baling ditentukan oleh desain bilah dan material yang digunakan. Pengujian kecepatan putar dan torsi dilakukan dalam berbagai kondisi operasional untuk memilih konfigurasi baling-baling yang paling efisien. Analisis sistem kontrol, evaluasi sumber daya, dan desain mekanisme pendaratan dilakukan untuk memastikan integrasi yang tepat dari semua komponen.



**Gambar 2: Desain prototipe UAV setelah dirender dengan berbagai posisi, (a). Tampak depan, (b). Tampak bawah, (c). Tampak samping, (d). Tampak atas.**

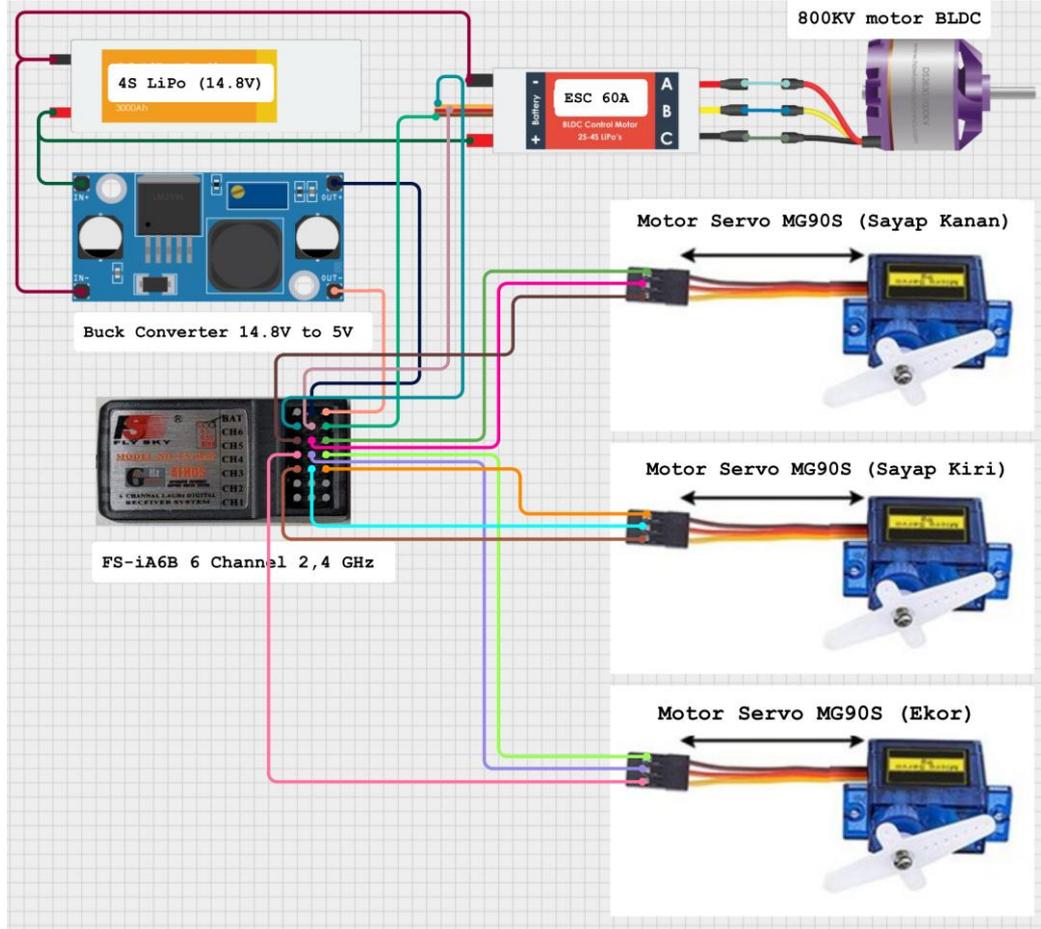
## 2.2 Sistem Kelistrikan

Prototipe robot terbang ini menggunakan catu daya dengan tegangan 15V yang didistribusikan ke seluruh aktuator. Dengan mempertimbangkan kebutuhan tegangan masing-masing aktuator, diperlukan konverter buck untuk menyesuaikan tegangan ke tingkat yang sesuai. Tabel 1 menunjukkan kebutuhan daya listrik masing-masing komponen yang digunakan pada prototipe UAV di studi ini.

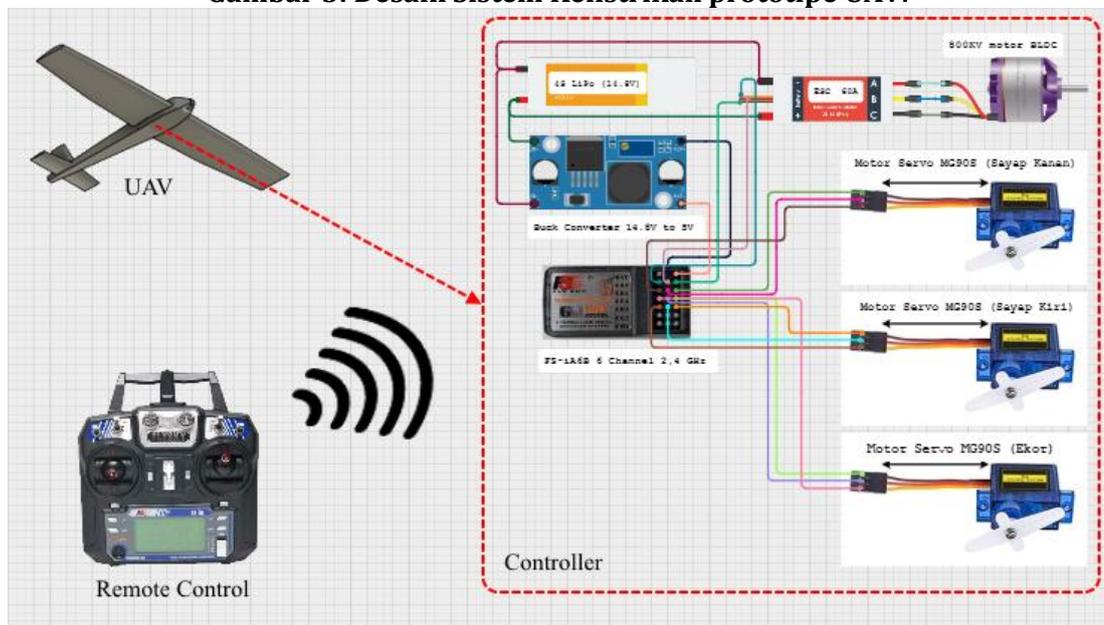
**Tabel 1: Kebutuhan Daya Kelistrikan Pada Komponen Prototip UAV**

No.	Nama Komponen	Kebutuhan Tegangan (V)
1	Motor Sunny Sky 800 KV	15
2	Servo 1 (MG90)	5
3	Servo 2 (MG90)	5
4	Servo 3 (MG90)	5
5	FS-iA6B	5

Untuk memenuhi persyaratan 5V untuk kebutuhan masing-masing komponen, konverter buck digunakan untuk menurunkan tegangan dari baterai 4S sebesar 15V. Adapun jalur catu daya dapat dilihat dalam diagram yang ditunjukkan pada gambar 3. Konverter buck secara efisien mengurangi tegangan untuk menyediakan daya yang stabil bagi servo dan penerima gelombang radio 2.4GHz FS-iA6B 6 saluran, memastikan pengoperasian sistem pesawat yang andal.



Gambar 3: Desain Sistem Kelistrikan prototipe UAV.



Gambar 4: Desain Sistem Kontrol prototipe UAV.

### 2.3 Sistem Pengendalian

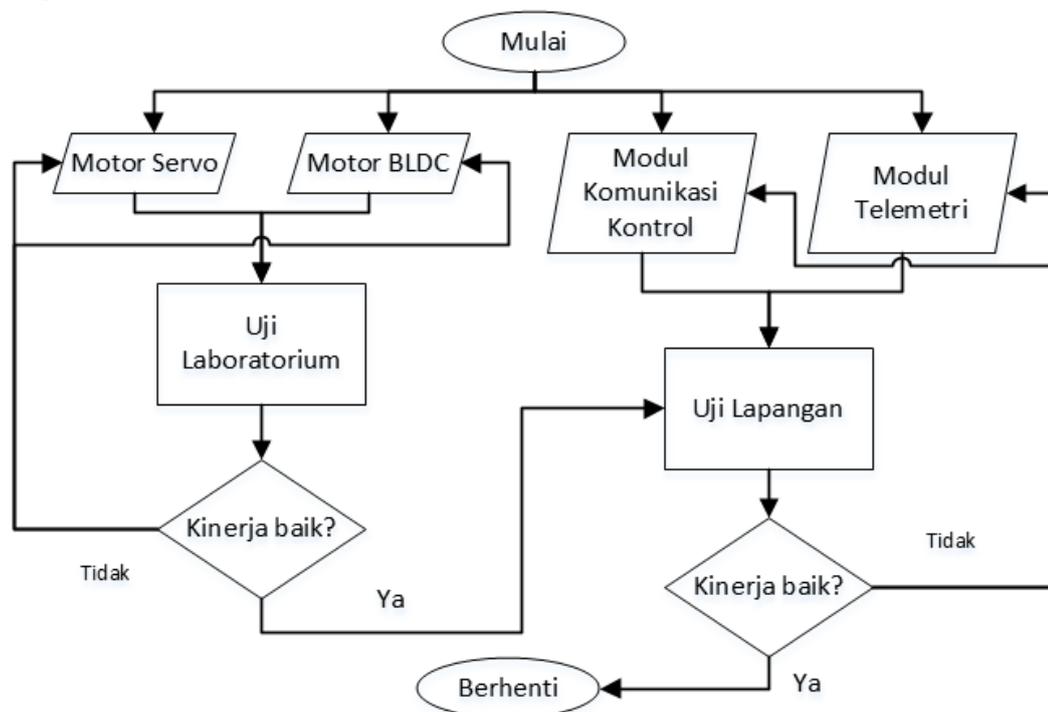
Prototipe UAV ini membutuhkan 4 buah saluran komunikasi sebagai sarana sistem pengendalinya, dengan masing-masing saluran terhubung ke aktuator yang berbeda. Saluran 6 terhubung ke motor Brushless Direct Current (BLDC) 800kV melalui Electronic

Speed Controller (ESC) 60A, yang mengatur kecepatan motor tersebut. Saluran 5, 4, dan 3 terhubung ke servo, dengan masing-masing servo bertanggung jawab untuk mengendalikan bagian-bagian tertentu dari pesawat. Saluran 5 digunakan untuk mengontrol motor servo di sayap kanan. Motor servo di sayap kiri dikontrol melalui saluran 4. Sedangkan saluran 3 dipakai untuk mengendalikan motor servo di bagian ekor pesawat.

Pengaturan ini memungkinkan kontrol yang tepat atas dinamika penerbangan pesawat, dengan kecepatan motor diatur melalui ESC, dan servo mengatur stabilitas dan kemampuan manuver pesawat dengan menyesuaikan posisi sayap dan ekor. Gambar 4 menunjukkan diagram lengkap sistem pengendalian yang digunakan pada prototip UAV di studi ini. Sistem kerja pada gambar menunjukkan bagaimana UAV (pesawat tanpa awak) dikendalikan secara nirkabel menggunakan remote control yang mengirimkan sinyal frekuensi 2,4 GHz ke receiver FS-iA6B. Receiver ini kemudian meneruskan sinyal ke tiga buah motor servo MG90S yang mengontrol permukaan kendali pesawat (sayap kanan, sayap kiri, dan ekor) serta ke ESC (Electronic Speed Controller) yang mengatur kecepatan putaran motor brushless utama. Semua komponen ini mendapat daya dari baterai LiPo 14.8V, dan tegangan untuk komponen 5V seperti servo dan receiver diatur melalui buck converter. Dengan sistem ini, pengguna dapat mengendalikan arah dan kecepatan UAV secara presisi dari jarak jauh.

## 2.4 Metode Pengujian

Berikut ini merupakan diagram alir pengujian prototip UAV yang diimplementasikan secara terbatas pada studi ini. Secara umum, pengujian tersebut dibagi menjadi dua bagian yaitu uji laboratorium dan uji lapangan. Pengujian kinerja sudut servo dilakukan secara terbatas di laboratorium untuk mengetahui kesalahan sudut servo. Pengujian servo ini juga dilakukan dilapangan untuk mengetahui respon servo jika menggunakan perangkat penerima. Motor BLDC diuji di laboratorium untuk mengetahui kinerja optimalnya dan setelah itu dipakai untuk pengujian di lapangan. Sedangkan untuk perangkat komunikasi pengendali dan telemetri dilakukan di lapangan untuk mengetahui kemampuan jarak serta kecepatan pengiriman data. Hasil-hasil dari pengujian tersebut dibahas pada bagian hasil dan pembahasan.



Gambar 5: Diagram alir pengujian sistem pada prototip UAV.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian pada penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium di area kampus tidak di area publik, karena di area publik dibutuhkan perijinan terbang khusus agar tidak mengganggu penerbangan komersial. Ijin terbang ini terkait dengan pemakaian radio komunikasi dan radius terbang UAV. Oleh sebab itu, ada keterbatasan terutama masalah jarak dalam pengujian ini. Pengujian ini secara garis besar dibagi menjadi 3 (tiga) bagian meliputi: Pengujian mekanik, elektrik, dan perangkat lunak.

#### 3.1 Pengujian Mekanik

Pergerakan mekanik pada prototip ini diuji dengan fokus obyek pada gerakan sirip-sirip sayap dan ekor yang menggunakan aktuator motor servo dengan tipe MG90S. Setiap motor diuji sebanyak 10 (sepuluh) kali gerakan baik gerakan atas ke bawah untuk sayap atau gerakan ke kanan dan kiri pada bagian sirip ekor UAV semua gerakan tersebut direpresentasikan dalam satuan sudut antara 0° sampai 90°. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian dari gerakan sudut dari ketiga motor servo tersebut dengan step sudut sebesar 10°.

**Tabel 2: Pengujian Gerakan Sudut Motor Servo**

Sudut Target (°)	Servo Sayap Kanan (°)	Error (%)	Servo Sayap Kiri (°)	Error (%)	Servo Ekor (°)	Error (%)
0	0	0.00	0	0.00	0	0.00
10	11	10.00	10	0.00	10	0.00
20	20	0.00	21	5.00	20	0.00
30	32	6.67	30	0.00	30	0.00
40	41	2.50	39	2.50	40	0.00
50	49	2.00	50	0.00	51	2.00
60	61	1.67	60	0.00	60	0.00
70	70	0.00	71	1.43	71	1.43
80	82	2.50	81	1.25	79	1.25
90	93	3.33	91	1.11	90	0.00
	Rata-rata Error	<b>2.87</b>	Rata-rata Error	<b>1.13</b>	Rata-rata Error	<b>0.47</b>

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa ketiga motor servo bekerja cukup baik dengan rata-rata prosentase kesalahan sudut servo masing-masing berurutan sebesar 2.87%, 1.13%, dan 0.47% untuk servo sayap kanan, servo sayap kiri, dan servo ekor. Perhitungan error dari pengujian tersebut menggunakan formulasi (1):

$$\mu_{error} = \mu \left( \left| \frac{ev-rv}{rv} \right| * 100\% \right) \quad (1)$$

Dengan  $\mu$  adalah nilai rerata,  $ev$  adalah nilai percobaan, dan  $rv$  adalah nilai referensi. Kesalahan sudut servo ini bisa disebabkan karena beberapa hal seperti performa servo yang sudah menurun akibat pemakaian dimana gear mekanik sudah kurang presisi karena pada studi ini servo yang digunakan bukan komponen yang baru. Hasil pengujian tersebut sudah sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh I. Akbar et. al dengan menggunakan tipe motor servo yang sama [13].

### 3.2 Pengujian Elektrik

Pengujian kelistrikan ditujukan untuk mengetahui kinerja motor BLDC SUNNYSKY tipe X2820-7 KV: 800 sebagai penggerak utama prototip UAV dengan driver ESC 60A. Alasan mengapa kami menggunakan tipe motor BLDC ini adalah karena *thrust* yang bagus berdasarkan pengujian yang telah dilakukan oleh A. Alfiannor et al. [14]. Oleh sebab itu, pada motor ini dilakukan uji kecepatan dengan 5 (Lima) variasi kecepatan dengan mengukur luaran arus yang disuplai dengan 2 (dua) macam variasi tegangan masukan yaitu 11.1 volt dan 14.8 volt. Hasil pengujian untuk sistem propulsi prototip UAV ini seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Pengukuran kecepatan motor BLDC ini menggunakan *digital tachometer* yang diarahkan ke propeler pesawat UAV. Sedangkan untuk mengukur arus yang mengalir ke motor BLDC dipakai *digital clamp meter* yang dipasang pada keluaran kabel antara baterai dan ESC.

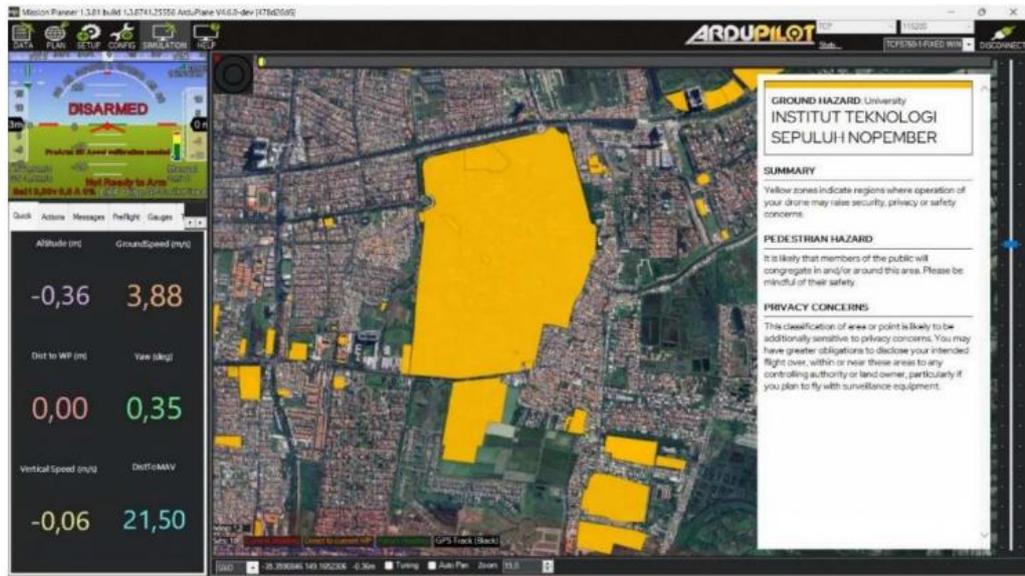
**Tabel 3: Pengujian Kinerja Motor BLDC Pada Prototip UAV**

Tegangan Masukan (V)	Kecepatan (RPM)	Arus (A)
11.1	2432	5.3
	3520	12.5
	3866	16.8
	4725	23.1
	4997	26.4
14.8	2895	6.5
	3124	11.2
	4372	27.7
	4629	33.3
	4989	39.8

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa semakin besar kecepatan putar motor BLDC, maka arus yang mengalir juga semakin tinggi atau bisa dikatakan kecepatan motor BLDC linier terhadap besaran arusnya. Selain itu, pada tabel juga bisa diamati bahwa perbedaan pemakaian tegangan input sistem sebesar 11.1 (baterai LiPo 3S) dan 14.8 volt (baterai Lipo 4S) juga mempengaruhi keluaran arusnya. Sehingga dapat dijadikan salah satu pertimbangan dalam pemilihan baterai khususnya tentang masalah suhu motor BLDC yang dipengaruhi oleh besarnya arus dan bobot wahana jika menggunakan baterai dengan kapasitas lebih besar.

Pengujian elektrikal selanjutnya berfokus pada sistem kendali komunikasi antara perangkat remote control menggunakan Flysky I6 2.4GHz yang dikendalikan oleh seorang operator dengan perangkat penerimanya yang dipasang pada prototip UAV. Menurut spesifikasi teknisnya perangkat tersebut dapat saling berkomunikasi dalam radius jarak sampai 2.3 km. Namun, pada studi kali ini lebih diutamakan pada uji skala laboratorium maka maksimal jarak pengujian target maksimal sekitar 1 km selain juga karena pertimbangan keterbatasan lahan pengujian ditempat kami. Percobaan ini menguji kemampuan komunikasi alat pengendali dengan cara menggerakkan ketiga motor servo yang ada di UAV. Sebagai validator jarak antara operator dan wahana UAV, kami menggunakan bantuan modul GPS yang terpasang pada prototip. Sedangkan perangkat untuk pengawasan menggunakan perangkat lunak Mission Planner yang dipasang di komputer ground control system (GCS) dengan tampilan seperti ditunjukkan pada gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan tampilan antarmuka pengguna (GUI) dari perangkat lunak Mission Planner ArduPilot yang digunakan untuk pengendalian dan perencanaan misi UAV. Di sisi kiri atas terdapat status penerbangan UAV yang menunjukkan kondisi "DISARMED", menandakan UAV belum siap terbang. Di bawahnya terdapat panel telemetri yang menampilkan data real-time seperti Altitude (ketinggian), GroundSpeed (kecepatan

horizontal), Vertical Speed (kecepatan vertikal), Distance to Waypoint, dan Yaw (arah hadap UAV). Bagian tengah menampilkan peta satelit interaktif yang digunakan untuk merencanakan rute penerbangan UAV dengan penandaan zona berbahaya berwarna kuning yang mengindikasikan area dengan risiko tinggi terhadap keselamatan publik, privasi, atau keamanan. Di sisi kanan terdapat deskripsi dari area berisiko tersebut, seperti yang terlihat di lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), lengkap dengan penjelasan mengenai alasan klasifikasi dan perhatian terhadap privasi atau keselamatan. Fitur-fitur ini memungkinkan pengguna untuk merencanakan misi dengan aman dan informatif, serta menghindari zona larangan terbang.



**Gambar 5: Tampilan utama perangkat GCS pada prototipe UAV.**

Adapun hasil dari pengujian sistem komunikasi kendali UAV dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa ketiga motor servo penggerak sirip pesawat UAV dapat merespon perintah yang diberikan dari perangkat pengendali jarak jauh dalam radius maksimal 1 km. Nilai jangkauan tersebut merupakan target dari studi ini karena diharapkan prototip UAV dapat menjangkau area terdampak yang cukup luas. Selain itu karena merujuk pada spesifikasi penerima radio FS-iA6B yang dapat menjangkau sampai radius 1.5 km [15].

**Tabel 4: Pengujian Kinerja Sistem Komunikasi Pada Perangkat Kendali UAV**

No.	Jarak (m)	Servo Sayap Kanan	Servo Sayap Kiri	Servo Ekor
1	100.3	OK	OK	OK
2	201.2	OK	OK	OK
3	302.1	OK	OK	OK
4	400.7	OK	OK	OK
5	499.8	OK	OK	OK
6	601.5	OK	OK	OK
7	702.4	OK	OK	OK
8	802	OK	OK	OK
9	901.6	OK	OK	OK
10	1000.1	OK	OK	OK

© The Author(s)  
 Published by Universitas Negeri Padang  
 This is an open-access article under the: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

### 3.3 Pengujian Perangkat Lunak

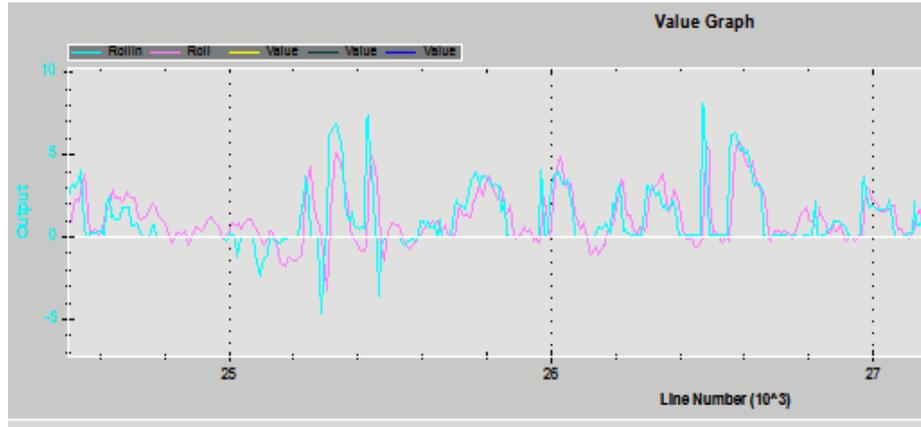
Perangkat lunak GCS pada penelitian ini dihubungkan dengan prototip UAV menggunakan modul komunikasi LoRa NRF24L01+ yang dapat mengirimkan data telemetry sampai 1.1 km. Oleh sebab itu dalam pengujian berikut ini akan difokuskan pada keberhasilan pengiriman data berupa foto hasil capture UAV ke perangkat GCS. Skenario pengujian ini menggunakan misi way point pada perangkat lunak GCS dengan tampilan utama seperti ditunjukkan pada gambar 5. Hasil pengujian pada perangkat lunak ini seperti ditunjukkan pada Tabel 5. Pengujian ini dilakukan dengan variasi radius jarak pengiriman yang berbeda dari mulai 100 meter sampai berkisar 1 km. Dari pengujian tersebut diketahui bahwa perangkat telemetri pada UAV ini sanggup mengirimkan data hasil *capture* foto ke GCS sejauh 1 km dalam waktu 1.22 detik.

**Tabel 5: Pengujian Kinerja Pengiriman Data Telemetri Pada Prototip UAV**

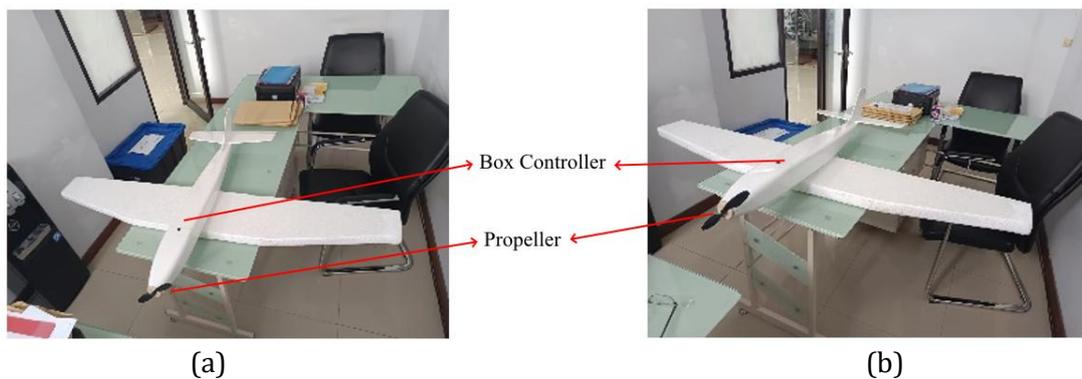
No.	Jarak (m)	Hasil Kiriman Data	Waktu (detik)
1	100.3	OK	0.23
2	201.2	OK	0.36
3	302.1	OK	0.42
4	400.7	OK	0.57
5	499.8	OK	0.66
6	601.5	OK	0.78
7	702.4	OK	0.81
8	802	OK	0.94
9	901.6	OK	1.02
10	1000.1	OK	1.22

Selain pengujian tentang pengiriman data telemetri yang berupa foto hasil dari capture kamera UAV, dilakukan juga pengujian pengamatan respon sensor IMU pada UAV dengan data posisi roll seperti ditunjukkan pada gambar 6. Pada gambar terlihat perubahan data posisi roll dari prototip UAV dari waktu ke waktu yang dapat dimonitor dari GCS. Grafik tersebut menunjukkan perbandingan antara nilai Roll In (perintah roll dari kontroler atau autopilot) diwakili dengan warna cyan dan Roll (respon aktual dari UAV berdasarkan sensor IMU) dengan warna magenta. Roll In menggambarkan keinginan sistem atau pilot agar UAV memiring ke kanan atau kiri dengan sudut tertentu, sedangkan Roll menunjukkan bagaimana UAV benar-benar bergerak dalam sumbu roll tersebut. Dalam grafik ini nampak bahwa meskipun nilai Roll secara umum mengikuti pola dari Roll In, terdapat beberapa deviasi atau keterlambatan (lag) antara keduanya yang menunjukkan adanya kesenjangan dalam respons sistem kendali. Hal ini bisa disebabkan oleh faktor seperti tuning PID yang kurang optimal, keterlambatan servo, atau gangguan lingkungan. Keselarasan yang baik antara Roll In dan Roll mencerminkan stabilitas dan akurasi dalam kontrol penerbangan UAV.

Sedangkan bentuk fisik prototip UAV yang dihasilkan dari penelitian ini seperti ditunjukkan pada gambar 7. Prototip tersebut memakai baling-baling (propeller) yang memiliki dua sudut bilah dan tempat kotak pengendali (box controller) di bagian tengah atas badan pesawat.



**Gambar 6: Tampilan data IMU posisi roll pada prototipe UAV.**



**Gambar 7: Tampilan prototipe UAV Tampak atas (a), Tampilan prototipe UAV Tampak depan (b).**

#### 4. Kesimpulan

Dari pengujian prototip UAV yang telah dilakukan dalam skala laboratorium secara umum baik uji mekanis, elektrik dan *software* di dapatkan hasil yang sudah sesuai harapan. Dimana untuk pergerakan motor BLDC sudah sesuai dengan kecepatan atau RPM yang di tentukan, untuk motor servo pada masing-masing sirip pesawat dapat bergerak sesuai sudut putar yang diinginkan dengan maksimum kemiringan 45 derajat, dan untuk sensor-sensor telemetri sudah dapat ditampilkan di layar GCS. Adapun perangkat komunikasi jarak jauh menggunakan LoRa juga sudah diuji dengan kemampuan jarak pengiriman maksimum sebesar 1 km dengan waktu kirim data sebesar 1.22 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembuatan prototip UAV untuk pengiriman paket di daerah terkena bencana ini telah berhasil dengan baik.

#### Author contribution

Conceptualization, Noorman Rinanto and M. Khoirul Hasin; Methodology, Noorman Rinanto.; Project administration, Lilik Subiyanto; Software and Hardware, A. Arif Zuchal Ulya; Supervision, Urip Mudjiono.; Visualization, M. Khoirul Hasin; Writing—original draft, A. Arif Zuchal Ulya and Noorman Rinanto; Writing—review and editing, Noorman Rinanto, and M. Basuki Rahmat.

#### Funding statement

This research was funded under the DIPA scheme by the Ministry of Higher Education, Science, and Technology of the Republic of Indonesia.

## Acknowledgements

We would like to express our gratitude to the Center for Research and Community Service of Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya for giving us the opportunity to obtain DIPA funding in 2024 so that this research can be completed properly.

## Competing interest

All authors have read and approved the published version of this manuscript.

## Reference

- [1] Dyah Ratna Meta Novia, "Bantuan Tsunami Palu Terhambat, Korban Mulai Putus Asa," *Jawa Pos*, 2018. [Online]. Available: <https://www.jawapos.com/internasional/0138523/bantuan-tsunami-palu-terhambat-korban-mulai-putus-asa>. [Accessed: 01-Jul-2024].
- [2] M. Lyu, Y. Zhao, C. Huang, and H. Huang, "Unmanned aerial vehicles for search and rescue: A survey," *Remote Sens.*, vol. 15, no. 13, p. 3266, 2023.
- [3] V. G. Nair, J. M. D'Souza, and R. M. Rafikh, "A scoping review on unmanned aerial vehicles in disaster management: Challenges and opportunities," *J. Robot. Control*, vol. 5, no. 6, pp. 1799–1826, 2024.
- [4] B. Valarmathi *et al.*, "Human detection and action recognition for search and rescue in disasters using yolov3 algorithm," *J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 2023, no. 1, p. 5419384, 2023.
- [5] W. Rivai and F. Hanafi, "Pemanfaatan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan GPS (Global Positioning System) untuk Analisis Tingkat Kerugian Material Penduduk pada Daerah Rawan Tanah Longsor," *J. Geogr. Media Inf. Pengemb. dan Profesi Kegeografian*, vol. 18, no. 2, pp. 97–105, 2021.
- [6] D. Edwards, N. Subramanian, A. Chaudhuri, P. Morlacchi, and W. Zeng, "Use of delivery drones for humanitarian operations: analysis of adoption barriers among logistics service providers from the technology acceptance model perspective," *Ann. Oper. Res.*, vol. 335, no. 3, pp. 1645–1667, 2024.
- [7] M. Junus, J. A. Prasetyo, and R. H. Y. Perdana, "Vertical Take Off Landing (VTOL) Untuk Drop Kits Pada Quadcopter," *J. Appl. Smart Electr. Netw. Syst*, vol. 1, no. 1, pp. 25–30, 2020.
- [8] Z. Ghelichi, M. Gentili, and P. B. Mirchandani, "Drone logistics for uncertain demand of disaster-impacted populations," *Transp. Res. Part C Emerg. Technol.*, vol. 141, p. 103735, 2022.
- [9] A. M. Putra, F. Setiawan, and E. Sofyan, "Manufaktur Uav Fixed Wing Model J-1b Menggunakan Material Sterofoam Dengan Variasi Wingtip Dan Winglet," *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 9, no. 2, pp. 271–277, 2023.
- [10] M. A. Ghofur, N. P. Poupon, and D. R. Fernando, "Desain dan Analisis Winglet pada Sayap Taper Pesawat UAV MALE menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics," *J. TNI Angkatan Udar.*, vol. 1, no. 1, 2022.
- [11] S. Sugeng, R. A. Putra, R. F. Muslim, and Y. Septianto, "Unmanned aerial vehicle (UAV) for mapping plantation Area," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 79–89, 2019.
- [12] P. Wei, X. Lin, and Z. Kong, "System identification of wind effects on multirotor aircraft," *Int. J. Intell. Robot. Appl.*, vol. 6, no. 1, pp. 104–118, 2022.
- [13] I. Akbar, T. Maya Kadarina, and M. Buana, "Sistem Kontrol Robot Manipulator 5 Axis sebagai Pemindah Barang berbasis Internet of Things," *J. Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 02, p. 140, 2024.

- [14] A. Alfiannor, L. E. Riyanti, and A. Kurniawan, "Pengukuran Thrust dan RPM Propeller Motor Brushless pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," *Langit Biru J. Ilm. Aviasi*, vol. 15, no. 01, pp. 11–17, 2022.
- [15] EVELTA, "FS-i6 2.4G 6CH AFHDS 2A PWM Transmitter With FS-iA6B Receiver," *EVELTA*, 2025. [Online]. Available: <https://evelta.com/fs-i6-2-4g-6ch-afhds-2a-pwm-transmitter-with-fs-ia6b-receiver/>. [Accessed: 20-Nov-2024].