

RANCANG BANGUN WAHANA PESAWAT TANPA AWAK
UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) FIXED WINGS
MENGGUNAKAN *FLIGHT CONTROLLER PIXHAWK*

SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro



Disusun Oleh :

FACHRUL ARYADI

3332170015

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2024

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak
Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fixed Wings
Menggunakan *Flight Controller Pixhawk*

Nama Mahasiswa : Fachrul Aryadi

NPM : 3332170015

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggung jawabkan. 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, 23 Juni 2024



Fachrul Aryadi

NPM. 3332170015

LEMBAR PENGESAHAN

Dengan ini ditetapkan bahwa Skripsi berikut:

Judul : Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak
Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fixed Wings
Menggunakan *Flight Controller Pixhawk*

Nama Mahasiswa : Fachrul Aryad
NPM : 3332170015
Fakultas/Jurusan : Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 15 Juli 2024 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan **LULUS**

Dewan Penguji

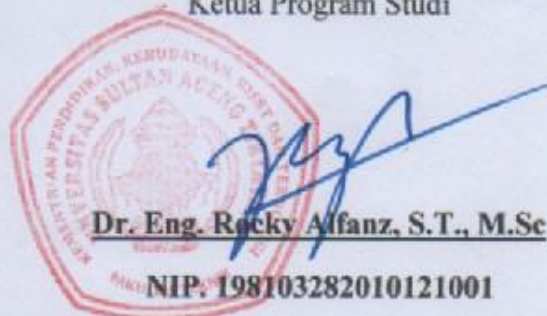
Pembimbing I : Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.
Pembimbing II : Dr. Ing. M. Iman Santoso., M.Sc
Penguji I : Prof. Dr. Alimuddin, S.T., M.M., M.T
Penguji II : Heri Haryanto, S.T., M.T

Tanda Tangan



Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc
NIP. 198103282010121001

PRAKATA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fixed Wings* Menggunakan *Flight Controller Pixhawk* sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan gelar Sarjana Teknik Elektro (S1) di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam proses penyusunan skripsi. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis banyak berterima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tersayang yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta do'a yang tidak henti-hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan skripsi.
2. Dr. Eng. Rocky Alfan, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., sebagai Dosen Pembimbing Skripsi serta Pembimbing Akademik yang telah membantu atas segala bimbingan, arahan, serta saran yang diberikan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi, dan menyelesaikan studi perkuliahan.
4. Dr. Ing. M. Iman Santoso., M.Sc sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang sudah membantu selama menyelesaikan skripsi.
5. Seluruh Dosen, Staf Akademik dan teman-teman Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan banyak dukungan dan semangat kepada penulis.
6. Rekan-rekan dari Komunitas *Aeromodelling* Serang dan Bayur *Aeromodelling* Tangerang.

Akhir kata, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya untuk kekeliruan di dalam penulisan skripsi ini. Semoga hasil penelitian ini bisa bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya.

Cilegon, 17 Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Fachrul Aryadi
Teknik Elektro

Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)
Fixed Wings Menggunakan *Flight Controller Pixhawk*

Perkembangan teknologi saat ini berkembang dengan sangat cepat, dengan perkembangan teknologi saat ini, dapat memudahkan manusia untuk mendapatkan informasi secara cepat dan terpercaya. Salah satu perkembangan teknologi di bidang robotika adalah perkembangan pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV sering digunakan di berbagai bidang, baik sipil, maupun dibidang militer. UAV digunakan untuk mencapai suatu daerah yang terbatas melalui jalur udara. Tujuan penelitian ini adalah merancang wahana pesawat tanpa awak (UAV) jenis *fixed wings* yang dapat terbang dengan mode *autopilot* mengikuti *waypoint* yang sudah di tentukan. UAV ini menggunakan *flight controller Pixhawk* sebagai komponen utama. UAV yang dibuat menggunakan bahan *styrofoam* dengan panjang sayap UAV 200cm dengan *chord* sayap 30cm. Bodi pesawat UAV memiliki panjang 155cm. Total berat UAV dengan komponen elektrik 2790 gram. Pesawat UAV dapat terbang dan melakukan manuver *roll*, *pitch*, dan *yaw*. UAV dapat terbang dengan mode *autopilot* melewati 6 *waypoint* yang sudah ditentukan GCS dalam waktu 84 detik. UAV terbang dengan kecepatan rata-rata 11,8km/jam. Nilai rata-rata *roll altitude* -5,88, nilai rata-rata *pitch altitude* -36,47. Nilai rata-rata PWM *aileron*, *elevator*, *throttle*, dan *rudder* adalah 1380, 1530, 1371, 1476.

Kata Kunci: UAV, *waypoint*, *pixhawk*, *autopilot*

ABSTRACT

Fachrul Aryadi

Electrical Engineering

Design of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Fixed Wings Using Pixhawk Flight Controller

Technological developments are currently developing very quickly, with current technological developments, it can make it easier for people to get information quickly and reliably. One of the technological developments in the field of robotics is the development of unmanned aerial vehicles (UAV). UAVs are often used in various fields, both civil and military. UAVs are used to reach a limited area via air. The aim of this research is to design a fixed wing unmanned aircraft (UAV) that can fly in autopilot mode following the waypoint that has been found. This UAV uses the Pixhawk flight controller as its main component. The UAV is made using styrofoam material with a UAV wing length of 200cm with a wing chord of 30cm. The UAV body is 150cm long. The total weight of the UAV with electrical components is 2790 grams. UAV aircraft can fly and perform roll, pitch and yaw maneuvers. The UAV can fly in autopilot mode through 6 waypoints determined by GCS in 84 seconds. The UAV flies at an average speed of 11,8km/h. The average value of roll height is -5.88, the average value of pitch height is -36.47. The average values of aileron, elevator, throttle, and rudder PWM are 1380, 1530, 1371, 1476.

Keywords: UAV, waypoint, pixhawk, autopilot

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pesawat Tanpa Awak	5
2.1.1 Jenis UAV	5
2.1.2 Konsep Aerodinamika Pesawat	6
2.1.3 Gerak Dasar Pesawat	8
2.2 Pixhawk	11
2.3 GPS dan Kompas	13
2.4 <i>Brushless</i> Motor DC	13
2.5 <i>Electronic Speed Controller</i>	14
2.6 Motor Servo	15
2.7 <i>Power</i> Modul	16
2.8 Remot Kendali	17
2.9 Radio Telemetry	18
2.10 Propeler	18
2.11 Baterai	19

2.12 Aplikasi Mission Planner	20
2.13 Kajian Pustaka.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Perancangan Penelitian	24
3.2 Perancangan Wahana UAV.....	24
3.3 Perancangan <i>Hardware</i>	26
3.3.1 Diagram Perancangan Sistem UAV	26
3.3.2 Perancangan Komponen Elektrik.....	27
3.4 Perancangan Misi UAV	29
3.5 Komponen Penelitian	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Hasil Pembuatan Wahana.....	32
4.2 Pengujian Komponen Elektrik	34
4.3 Pengujian Terbang Wahana UAV.....	37
4.3.1 Pengujian Terbang Manual	37
4.3.2 Pengujian Terbang <i>Autopilot</i>	40
4.4 Analisis Log Terbang UAV	45
BAB V PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	68
LAMPIRAN A BERAT UAV	A-1
LAMPIRAN B PENGUKURAN UAV	B-1
LAMPIRAN C PENGUJIAN ELEKTRIK.....	C-1
LAMPIRAN D <i>PREFLIGHT CEKLIST</i>	D-1
LAMPIRAN E PERHITUNGAN	E-1
LAMPIRAN F MISSION PLANNER.....	F-1
LAMPIRAN G DESAIN 3D UAV	G-1
LAMPIRAN H LOG TERBANG.....	H-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis UAV	5
Gambar 2.2 Gaya Pada Pesawat Terbang	6
Gambar 2.3 <i>Pitching</i>	8
Gambar 2.4 <i>Rolling</i>	8
Gambar 2.5 <i>Yawing</i>	9
Gambar 2.6 <i>Pixhawk</i>	12
Gambar 2.7 Modul GPS dan Kompas M8N	13
Gambar 2.8 <i>Brushless Motor DC</i>	14
Gambar 2.9 <i>Electronic Speed Control (ESC)</i>	15
Gambar 2.10 Motor Servo.....	16
Gambar 2.11 <i>Power Modul</i>	16
Gambar 2.12 <i>Remote Control</i>	17
Gambar 2.13 Radio Telemetry SIK	18
Gambar 2.14 Baterai LiPo.....	19
Gambar 2.15 Mission Planner.....	20
Gambar 3.1 Bentuk <i>Design</i> UAV.....	25
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem UAV.....	26
Gambar 3.3 Rangkaian <i>Schematic</i> Pixhawk.	27
Gambar 3.4 Komponen Pixhawk	28
Gambar 3.5 Penempatan Komponen Elektrik UAV	28
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> UAV Menjalankan Misi Terbang <i>Autopilot</i>	29
Gambar 4.1 Pembuatan Bodi Pesawat (<i>Fuselage</i>).....	32
Gambar 4.2 Kit Wahana <i>Fixed Wing</i>	33
Gambar 4.3 Komponen Elektrik di Wahana.	35
Gambar 4.4 Wahana Pesawat Tanpa Awak	37
Gambar 4.5 Persiapan <i>Takeoff</i> Wahana	38
Gambar 4.6 Wahana UAV <i>Takeoff</i>	38
Gambar 4.7 Wahana UAV Saat Terbang.....	39
Gambar 4.8 Wahana UAV <i>Landing</i>	40

Gambar 4.9 <i>Waypoint</i> UAV	40
Gambar 4.10 UAV Terbang Mode <i>Autopilot</i> Menuju <i>Waypoint</i> 1	42
Gambar 4.11 UAV Menuju <i>Waypoint</i> 2	42
Gambar 4.12 UAV Menuju <i>Waypoint</i> 3	43
Gambar 4. 13 UAV Menuju <i>Waypoint</i> 4	43
Gambar 4.14 UAV Menuju <i>Waypoint</i> 5	44
Gambar 4.15 UAV Menuju <i>Waypoint</i> 6	44
Gambar 4.16 Lintasan UAV Saat Terbang	45
Gambar 4.17 Grafik Ketinggian UAV Penerbangan Manual	46
Gambar 4.18 Grafik Ketinggian UAV Mode <i>Autopilot</i>	46
Gambar 4.19 Grafik Ketinggian UAV Mode RTL	47
Gambar 4.20 Grafik Ketinggian UAV Mode Manual	47
Gambar 4.21 Grafik Kecepatan UAV	48
Gambar 4.22 Grafik Kecepatan UAV Mode <i>Autopilot</i>	48
Gambar 4.23 Grafik PWM <i>Aileron, Elevator, Throttle, Rudder</i>	49
Gambar 4.24 Grafik <i>Altitude Roll, Altitude Pitch</i>	49

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Spesifikasi Wahana <i>Fixed Wings</i>	34
Tabel 4.2 Koneksi Komponen Elektrik.....	35
Tabel 4.3 Total Berat UAV	36
Tabel 4.4 <i>Waypoint</i> UAV.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat terbang yang mempunyai bentuk aerodinamis dengan dukungan kekuatan tertentu dan dapat terbang secara mandiri tanpa diawaki oleh pilot. Pesawat terbang tersebut dikendalikan dari jarak jauh dengan menggunakan radio kendali dari darat [1]. UAV banyak digunakan di berbagai bidang, baik pada bidang militer, maupun sipil [2][3]. UAV pada bidang sipil banyak digunakan untuk mendapatkan informasi di area yang terbatas dan sulit melalui menggunakan jalur darat, seperti pemetaan suatu wilayah yang sulit dijangkau, operasi mitigasi bencana, pemetaan wilayah perkebunan [4]. Pada bidang militer UAV biasa digunakan untuk pemantauan wilayah perbatasan, ataupun pemantauan di wilayah musuh [5].

Pesawat UAV memiliki dua jenis pesawat, pertama UAV sayap tetap (*fixed wings*) dan UAV *multi-rotor*. UAV dengan sayap tetap memerlukan landasan pacu atau peluncur yang jauh untuk menerbangkan pesawat, berbeda dengan UAV *multi-rotor* yang umumnya terdapat tiga atau empat baling-baling yang mampu lepas landas (*take off*) di area yang terbatas secara vertikal dan dapat mendarat secara vertikal (VTOL) [6][7].

Keunggulan UAV sayap tetap (*fixed wings*) adalah mampu terbang dalam durasi waktu yang lama dan memiliki efisiensi penerbangan dibandingkan dengan UAV *multi-rotor* [8][9][10]. Desain aerodinamis pada pesawat UAV menitik beratkan pada desain sayap. Sayap merupakan komponen terpenting pada pesawat yang mempengaruhi performa pesawat. Sayap menghasilkan gaya angkat untuk menyeimbangkan berat pesawat saat terbang, serta memiliki gaya *drag* dan *pitching*. Pesawat UAV memiliki dua fungsi kendali utama, yaitu melalui pengendali jarak jauh atau terbang secara manual, dan yang kedua pesawat dapat terbang secara mandiri menuju *waypoint* yang sebelumnya sudah dimasukkan program ke dalam *flight controller* Pixhawk sebagai pusat dari pengaturan *actuator* dan sensor [11][12].

Pixhawk adalah perangkat keras sistem navigasi dan kendali penerbangan yang umum dan berbiaya rendah untuk penggunaan sipil, penelitian atau hobi. Pixhawk terdiri dari *Inertial Measurement Unit* (IMU), giroskop dan akselerometer, kompas, dan barometer [13][14].

Sistem kendali UAV sayap tetap (*fixed wings*) dirancang menggunakan 4 buah servo untuk *aileron*, *elevator*, *throttle* dan *rudder* untuk bidang kendali pada wahana UAV, serta UAV menggunakan 1 buah motor serta *propeller* sebagai penghasil daya propulsi dengan konfigurasi *pusher* [15]. *Autopilot* mengacu pada parameter *waypoint* yang ditentukan oleh *Ground Control System* (GCS) melalui aplikasi Mission Planner. UAV bergerak menuju *waypoint* yang sudah ditentukan koordinatnya dengan dipandu oleh *Global Positioning System* (GPS) [16].

Penerbangan UAV dalam hal ini diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan (Permenhub) Nomor 37 Tahun 2020 tentang pengoperasian pesawat udara tanpa awak di ruang udara di Indonesia. Ketinggian UAV yang terbang memerlukan persetujuan otoritas bandara jika berada dalam Kawasan Keselamatan Operasional Penerbangan (KKOP) dalam hal ini kawasan sekitar bandara udara. UAV diperbolehkan terbang tanpa persetujuan otoritas bandara jika berada di luar area KKOP dengan ketinggian maksimal UAV terbang adalah 120 meter [17]. Oleh karena itu berdasarkan penelitian yang ada, penelitian ini berfokus merancang wahana pesawat tanpa awak (UAV) dan melakukan pengujian wahana UAV dalam mode penerbangan manual dan mode penerbangan *autopilot* mengikuti *waypoint*.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini mendapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Wahana UAV diperlukan untuk mendapatkan suatu informasi pada suatu wilayah yang terbatas dilintasi melalui jalur darat.
2. Penghematan biaya diperlukan perancangan dan pembuatan wahana pesawat tanpa awak (UAV) *fixed wings* dari *styrofoam* bekas, hal tersebut lebih baik dibandingkan dengan membeli wahana UAV buatan pabrik.

3. Perlu dilakukan pengujian wahana UAV *fixed wings* untuk mengetahui karakteristik nilai *roll*, *pitch*, nilai PWM, dan kecepatan UAV selama penerbangan manual maupun *autopilot*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian rancang bangun wahana pesawat tanpa awak ini adalah sebagai berikut:

1. Tujuan penelitian ini adalah merancang wahana pesawat tanpa awak jenis tipe pesawat *fixed wing*.
2. Melakukan pembuatan UAV dari *styrofoam* bekas dan melakukan pengujian terbang secara *autopilot* mengikuti *waypoint*.
3. Mendapatkan nilai *roll*, *pitch*, nilai PWM, dan kecepatan pesawat UAV saat terbang.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat mempermudah dalam membantu masyarakat, terutama pada saat terjadi bencana alam dengan akses jalur darat yang terbatas, sehingga membutuhkan *drone* UAV yang diterbangkan melalui jalur udara untuk mendapatkan informasi terkait suatu wilayah yang terkena bencana, terutama dalam membantu pemerintah di Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).

1.5 Batasan Penelitian

Supaya penelitian ini lebih terarah dalam melakukannya. Berikut batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Proses pembuatan wahana tanpa awak jenis tipe *fixed wings*.
2. Pemasangan wahana dengan komponen elektrik.
3. Penerbangan pesawat UAV dengan mode terbang manual dan *autopilot* mengikuti *waypoint* di koordinat tertentu dengan tidak mengatur kecepatan UAV pada saat menjalankan misi.
4. Analisis hasil penerbangan UAV.

1.6 Sistematika Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini terdiri dari beberapa bab yang diuraikan dengan pembahasan sesuai daftar isi dengan sistematika penyusunannya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi uraian singkat mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori-teori penunjang, serta penelitian terdahulu tentang UAV, telemetri, *flight controller*, *flight mode*, *Global Positioning System* (GPS) dan sebagainya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang penjelasan mengenai metode yang digunakan, alur dalam penelitian, rancang bangun wahana UAV, persiapan penerbangan dan alur pengujian wahana UAV.

BAB IV PEMBAHASAN

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

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan skripsi ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pesawat Tanpa Awak

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) adalah pesawat tanpa awak yang dapat dikendalikan dengan menggunakan perangkat kendali jarak jauh berbasis radio. UAV. Sistem tanpa awak (*unmanned system*) yaitu sistem elektro-mekanis yang mampu menjalankan misi terprogram dengan kendali jarak jauh dan dapat bergerak dengan sendiri (*autopilot*) [9].

2.1.1 Jenis UAV

Secara umum pembagian jenis UAV dilakukan menurut jenis sayap dan jenis penggerak.

1. Jenis pesawat UAV berdasarkan sayap terbagi menjadi dua yaitu pesawat *fixed wings* dan pesawat *rotary wing*. Jenis UAV dapat dilihat pada Gambar 2.1 Jenis UAV.



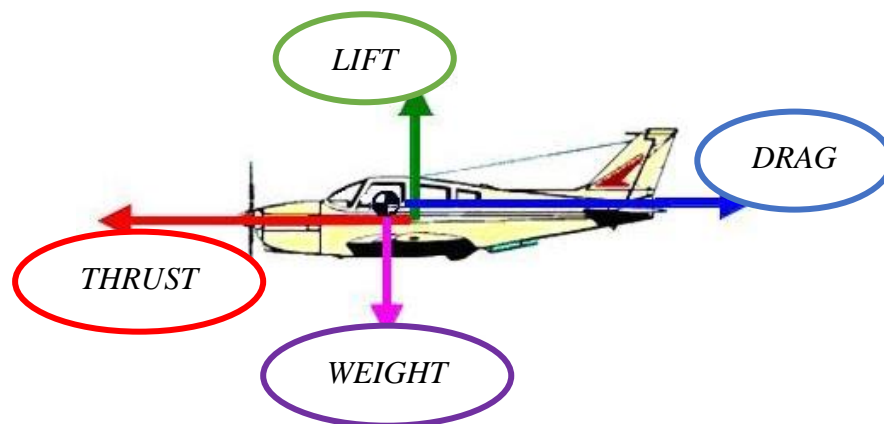
Gambar 2.1 Jenis UAV (a) *fixed wing*, (b) *rotary wing*

Gambar 2.1 (a) pesawat *fixed wing*, pesawat model *fixed wing* adalah pesawat yang memiliki bentuk sayap tetap atau tidak bergerak. Pesawat mendapatkan gaya dorong motor yang menerpa bagian sayap yang memiliki bentuk *airfoil* tertentu dari depan sampai belakang sehingga menghasilkan gaya angkat [14]. Gambar 2.1 (b) pesawat jenis sayap putar, pesawat ini memiliki sayap atau baling-baling yang bergerak dengan berputar untuk menghasilkan gaya angkat dan pergerakannya dengan mengubah sudut baling-baling [7][9][18].

2. Berdasarkan jenis penggerak.
 - a. Elektrik, sumber tenaga yang menggunakan suplai daya dari baterai sebagai sumber penggerak pesawat. Kelebihan menggunakan sumber tenaga ini adalah suara yang dihasilkan oleh pesawat cenderung lebih halus. Sedangkan kekurangannya memiliki kecepatan standar dan waktu penjelajahan yang relatif lebih singkat dengan daya jelajah menengah.
 - b. Penggerak mesin, sumber energi yang menggunakan bahan bakar cair pada mesin untuk menggerakkan baling-baling pesawat. Keunggulan penggerak ini dapat mencapai kecepatan tinggi, bertahan lama di udara, memiliki jangkauan terbang yang jauh. Kekurangan dari sumber ini adalah getaran dan kebisingan yang dihasilkan relatif besar.

2.1.2 Konsep Aerodinamika Pesawat

Pesawat dapat terbang karena dipengaruhi oleh empat gaya, gaya dorong (*thrust*), gaya hambat (*drag*), gaya angkat (*lift*) dan berat pesawat (*weight*) seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gaya Pada Pesawat Terbang

Gambar 2.2 menjelaskan terdapat empat gaya yang dapat membuat pesawat dapat mengudara, diantaranya gaya dorong (*thrust*), gaya hambat (*drag*), gaya angkat (*lift*) dan berat pesawat (*weight*). Pesawat dengan kecepatan dan ketinggian yang sama, berada dalam kesetimbangan *thrust* sama dengan *drag* dan *lift* sama dengan *weight*. Namun, saat lepas landas pesawat akan mengalami percepatan, dan saat mendarat pesawat mengalami perlambatan. Saat lepas landas, pesawat

mengalami percepatan baik secara horizontal maupun vertikal. Dalam hal ini *lift* lebih besar dari *weight* dan *thrust* lebih besar dari *drag* [12].

1. *Thrust*

Gaya dorong (*thrust*) dihasilkan oleh tenaga mesin pesawat yang menimbulkan gaya dorong dan menggerakkan pesawat. Gaya dorong ini dihasilkan oleh hukum Newton 2 dan 3, yang menyatakan bahwa percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada benda berbanding lurus dengan besar gaya tersebut, dan jika benda pertama mengerjakan gaya terhadap benda kedua maka benda kedua akan mengerjakan gaya terhadap benda pertama yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan.

2. *Drag*

Drag terjadi ketika pesawat didorong oleh mesin, terdapat gaya-gaya yang menghambat pergerakan pesawat dengan menimbulkan gaya gesek sehingga menahan laju pesawat. *Drag* dalam penerbangan dipengaruhi oleh badan pesawat (*fuselage*). Selain itu *drag* juga dapat disebabkan oleh *spoiler*, *flap* dan *slat*. Hambatan udara sangat merugikan karena dapat mempengaruhi kecepatan pesawat, namun dapat bermanfaat ketika pesawat akan melakukan *landing*. Desain pesawat berupaya mengurangi gaya ini dengan merancang jalannya udara agar tidak terlalu terhalang oleh pesawat itu sendiri.

3. *Lift*

Lift adalah gaya yang mempengaruhi sebuah pesawat terangkat ke udara dengan menggunakan gaya *drag* yang dihasilkan oleh sayap dan udara mengalir di bagian bawah sayap untuk menghasilkan gaya angkat dan mendorong pesawat untuk terbang. Kecepatan udara di atas sayap lebih tinggi dibandingkan kecepatan udara di bagian bawah sayap, sehingga tekanan udara di bagian atas sayap lebih rendah dibandingkan tekanan udara pada bagian bawah sayap. Hal ini menyebabkan udara akan mengangkat pesawat ke atas.

4. *Weight*

Weight atau berat pesawat itu sendiri dapat mempengaruhi penerbangan pada pesawat. Bertambahnya berat pesawat menghasilkan gaya gravitasi yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa gaya dorong dan gaya angkat yang dibutuhkan pesawat untuk tetap terbang sebanding dengan beratnya.

2.1.3 Gerak Dasar Pesawat

Gerak dasar pada pesawat memiliki 3 gerakan, yakni gerak naik turun atau *pitch*, gerak berputar atau *roll* dan gerak kiri dan kanan atau *yaw*.

1. *Pitching*

Pitching adalah gerakan mengangguk atau naik dan turun pada kepala pesawat. Gerakan ini bergerak pada sumbu melintang pesawat. Pesawat melakukan gerakan *pitch*, pilot harus menggerakkan *elevator* ke arah yang terletak pada *horizontal stabilizer*. Konsep *pitching* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.

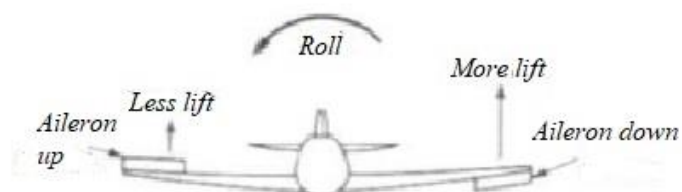


Gambar 2.3 *Pitching*

Gambar 2.3 *Pitching* merupakan pergerakan *elevator* yang dikendalikan oleh tongkat kendali di kokpit, *stick* digerakkan maju mundur. Apabila *stick* digerakkan ke belakang maka *elevator* akan naik, dan *nose* pesawat akan naik. Ketika menggerakkan *stick* ke depan akan menurunkan *elevator* dan menggerakkan *nose* ke bawah. Gerakan *pitching* terjadi pada saat lepas landas dan mendarat sebuah pesawat terbang.

2. *Rolling*

Rolling adalah gerakan rotasi pesawat saat berputar sepanjang sumbu *longitudinal*. Seperti pada Gambar 2.4, saat melakukan gerakan ini, pilot menggerakkan bidang kendali *aileron* yang berada pada sayap. Tongkat kendali di kokpit digerakkan ke kiri dan ke kanan untuk mengontrol pergerakan *aileron*.

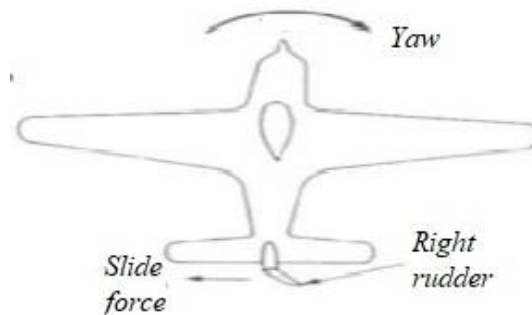


Gambar 2.4 *Rolling*

Gambar 2.4 *Rolling* menjelaskan saat pesawat akan melakukan gerakan *roll* ke kanan, *aileron* sayap kiri akan ke bawah dan posisi sayap kiri akan mengangkat ke atas dan *aileron* sayap kanan ke atas dan posisi sayap kanan akan ke bawah. Hal tersebut terjadi ketika pesawat akan melakukan gerakan *roll* ke kiri, *aileron* sayap kanan akan berada di posisi bawah dan *aileron* sayap kiri akan ke posisi atas.

3. *Yawing*

Gerakan *yaw* adalah pergerakan pesawat ke kiri dan ke kanan yang mencakup pergerakan sepanjang sumbu vertikal pesawat, konsep *yaw* ditunjukkan pada Gambar 2.5. Pesawat dapat melakukan gerakan *yaw* pada pesawat, pilot menggerakkan *rudder* yang terletak pada vertikal *stabilizer*.



Gambar 2.5 *Yawing*.

Gambar 2.5 *Yawing* menjelaskan pergerakan *rudder* dikendalikan oleh pilot dengan menginjak pedal kemudi (kanan dan kiri) yang berada di kokpit. Saat menekan pedal kanan, kemudi bergerak ke kanan dan hidung mengarah ke kanan, kemudian pada saat pedal kiri ditekan kemudi bergerak ke kiri dan hidung pesawat akan mengarah ke kiri.

A. *Wing loading*

Wing loading adalah rasio antara berat pesawat dengan luas sayap. Semakin berat pesawat, semakin tinggi beban sayapnya dan semakin lebar sayapnya dan semakin rendah beban sayapnya[19]. *Wing loading* yang besar mengacu pada pesawat yang berkecepatan tinggi dan kurang stabil seperti pesawat jet, aerobatik dan *sport*. Pesawat dengan *wing loading* yang rendah mengacu pada pesawat yang stabil dan umumnya lebih lambat, seperti pesawat *trainer* dan pesawat *glider*.

Wing loading biasanya diukur dalam satuan gram per desimeter persegi (gr/dm^2). Secara teoritis dapat dijabarkan dalam Persamaan (2.1)

$$Wing\ loading = \frac{Total\ Berat\ Pesawat}{Luas\ Sayap} \quad (2.1)$$

Persamaan (2.1) di atas digunakan untuk mencari nilai dari *Wing loading* pada wahana pesawat tanpa awak.

B. *Power loading*

Power loading adalah perbandingan antara daya penggerak pesawat dengan berat pesawat. *Power loading* yang besar maka pesawat akan lebih bertenaga dan lebih mudah di kendalikan dan tidak mudah terbawa angin. Berikut ini nilai *power loading* berdasarkan kategori pesawat UAV [6]:

- a. *Trainer* 0,15 s.d. 2 Watt/gr.
- b. *Sport* 0,2 s.d. 0,25 Watt/gr.
- c. *Aerobatik* 0,25 s.d. 0,3 Watt/gr.
- d. Pesawat 3D 0,3 s.d. 0,4 Watt/gr.

Secara teori pemilihan minimum *power* motor pada pesawat UAV dalam Persamaan (2.2).

$$Power\ Motor\ Minimum = Total\ Berat\ Pesawat \times Power\ Loading \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) digunakan untuk mencari nilai pemilihan *power* motor yang aman untuk digunakan.

C. *Center of Gravity*

Center of Gravity (CG) adalah lokasi rata-rata pada wahana pesawat tanpa awak agar pesawat, posisi CG sangat penting dalam dunia penerbangan yang merupakan titik seimbang dari berat keseluruhan pesawat, kesalahan dalam perhitungan posisi CG mengakibatkan pesawat sulit dikendalikan. Secara umum lokasi CG berada di posisi 20% sampai dengan 30% dari lebar sayap (*chord*). Posisi CG yang terlalu ke depan menyebabkan pesawat cenderung ke bawah (*nosedown*) maka diperlukan *trim up* pada *elevator* untuk mendapatkan keseimbangan. Sedangkan posisi CG berada terlalu ke belakang maka pesawat akan mengalami *tail heavy* atau berat belakang dan diperlukan *trim down elevator* untuk menyeimbangkan pesawat [3].

D. Dimensi pesawat

Wingspan dan *wing chord* merupakan bagian pertama dari model pesawat yang dihitung, *wingspan* adalah jarak dari ujung sayap sampai ujung sayap [1]. Sedangkan *wing chord* adalah jarak dari tepi depan ke tepi belakang pada sayap. Mencari nilai luas sayap (*Wing area*) menggunakan Persamaan (2.3).

$$Wing\ Area = Wingspan \times Wingchord \quad (2.3)$$

Persamaan (2.3) di atas digunakan untuk mencari nilai luas sayap pesawat UAV dengan mengalikan panjang sayap (*wingspan*) dengan lebar sayap (*wingchord*). Panjang keseluruhan UAV (*fuselage*) pesawat secara umum diambil sekitar 70% s.d. 75% dari *wingspan*, dapat dilihat pada Persamaan (2.4).

$$Panjang\ Fuselage = 70\% \text{ s.d. } 75\% \text{ Wingspan} \quad (2.4)$$

Persamaan (2.4) di atas digunakan untuk mencari nilai dari panjang badan pesawat (*fuselage*), dengan mengalikan 70% s.d. 75% dari total panjang sayap (*wingspan*).

2.2 Pixhawk

Flight controller berfungsi sebagai pusat semua bagian komponen pesawat terbang tanpa awak. *Flight controller* membaca sinyal sensor dan melakukan perhitungan untuk mengendalikan pesawat terbang tanpa awak sesuai dengan perintah yang diberikan oleh *Ground Control System (GCS)*. *Flight controller* yang digunakan ialah Pixhawk. Pixhawk memiliki beberapa fitur diantaranya *Inertial Measurement Unit* serta fitur Girokop.

Pixhawk merupakan perangkat keras yang sangat penting dalam dunia *drone* yang memiliki fungsi sebagai otak *drone* yang menghubungkan dengan perangkat *drone* lainnya, seperti GPS dan telemetri. Pixhawk bertugas untuk menerima perintah penerbangan yang telah di program oleh operator GCS melalui aplikasi Mission Planner. Pixhawk dilengkapi dengan berbagai *port* konektivitas seperti *port* I2C dan GPS, UART, SPI dan USB yang memudahkan pengguna untuk menghubungkan dan mengintegrasikan sensor tambahan seperti perangkat telemetri dan perangkat lainnya. UAV dapat melaksanakan perintah penerbangan sesuai dengan program yang telah dibuat. Pixhawk dapat dilihat seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pixhawk

Gambar 2.6 merupakan gambar dari *flight controller* Pixhawk yang memiliki arsitektur modular yang memungkinkan untuk integrasi yang *flexibel* dengan berbagai sensor dan perangkat tambahan dan memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan UAV dalam misi tertentu. Pixhawk juga dapat mengatur parameter penerbangan UAV.

A. *Inertial Measurement Unit*

Inertial Measurement Unit (IMU) merupakan perangkat yang sangat penting dalam dunia penerbangan, khususnya pada pesawat tanpa awak, dengan menggunakan *accelerometer* dan *gyroscop*, IMU dapat mengukur dan melaporkan orientasi dan gravitasi pesawat. Sistem navigasi inersia yang biasa digunakan di pesawat terbang, ruang angkasa, dan rudal, bergantung pada IMU. Komputer dapat melacak lokasi wahana menggunakan data IMU [12].

B. Giroskop

Giroskop adalah alat untuk mengukur atau mempertahankan arah berdasarkan prinsip momentum sudut. Giroskop mekanis adalah roda atau piringan yang berputar bebas ke segala arah pada suatu sumbu. Orientasi giroskop tidak selalu tetap, ia berubah ke berbagai arah tergantung pada torsi eksternal, dalam arah yang berbeda, hal tersebut disebabkan oleh besarnya momentum sudut [20].

2.3 GPS dan Kompas

Global Positioning System (GPS) menggunakan penyelarasan sinyal satelit untuk menemukan posisi permukaan bumi. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. GPS menggunakan perbedaan antara garis lintang dan bujur, sinyal yang diterima penerima di permukaan digunakan untuk mengetahui lokasi pengguna, kecepatan, arah, waktu, ketinggian, dan informasi lainnya di seluruh dunia. GPS dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Modul GPS dan Kompas M8N

Gambar 2.7 Modul GPS M8N, modul tersebut telah dilengkapi dengan kompas pada rangkaian elektroniknya. GPS M8N memerlukan daya 5 Volt. Modul GPS M8N terintegrasi pada sensor kompas, GPS membantu menemukan koordinat *fixed wings* dan memperoleh koordinat tujuan dari *waypoint*. Koordinat yang diterima dari modul GPS membantu pesawat *fixed wings* dapat terbang dengan stabil pada ketinggian yang dibutuhkan. Sensor kompas yang terintegrasi pada modul GPS merupakan alat untuk menentukan arah pada pesawat *fixed wings*.

2.4 *Brushless Motor DC*

Motor DC tanpa beban adalah aktuator yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dan sebaliknya. Ini terjadi melalui interaksi dua

rangkaian elektromagnetik. Motor DC tanpa baterai terdiri dari dua bagian, rotor (berputar bebas) dan stator (tetap diam), seperti dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 *Brushless Motor DC*

Gambar 2.8 *Brushless motor DC* adalah motor listrik dengan eksitasi terpisah yang menjadi aktif ketika tegangan searah disuplai. Inverter tiga fasa akan mengubah tegangan DC *input* menjadi sinyal AC untuk menggerakkan motor. Sinyal yang mengatur kecepatan pergerakan motor dihasilkan oleh *receiver* [15]. *Brushless motor* mengoperasikan magnet permanen dan stator yang dililit dengan kawat tembaga, mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui tarikan magnet permanen dan interaksi stator sebagai kutub. Magnet di poros motor bergerak karena gaya elektromagnetik yang dikendalikan oleh *driver* motor, berbeda dengan motor DC konvensional yang menggunakan sikat mekanis pada komutator untuk mengatur medan magnet pada lilitan.

2.5 *Electronic Speed Controller*

Electronic Speed Controller (ESC) adalah sirkuit elektronik yang bertindak sebagai pengendali kecepatan motor pada pesawat tanpa awak dengan mengubah sinyal yang diterima dari *receiver* oleh *transmitter*. ESC menerima *input* pulsa dari *receiver* dan mengubah pulsa tersebut menjadi bentuk pengaturan daya yang akan disalurkan dari catu daya ke *brushless motor* [17]. ESC seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Electronic Speed Control (ESC)*

Gambar 2.9 ESC model *skywalker* dengan maksimal arus pada ESC 80 *ampere*. Pemilihan ESC harus dilakukan berdasarkan keperluan dari motor yang digunakan untuk menerbangkan wahana pesawat tanpa awak, hal penting yang harus diperhatikan adalah maksimum *ampere* pada ESC. Nilai maksimum *ampere* yang dibutuhkan oleh motor, jika nilai tersebut lebih rendah dikhawatirkan yang terjadi adalah ESC dan baterai tersebut akan cepat panas dan terbakar saat menerbangkan wahana pesawat tanpa awak [6]. Pemilihan ESC menggunakan Persamaan (2.5)

$$\text{Maksimal Arus} = \frac{\text{Daya Motor}}{\text{Tegangan Baterai}} \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) di atas digunakan untuk mencari nilai maksimal arus pada motor untuk pemilihan ESC dengan cara membagi daya maksimal motor dengan tegangan maksimal baterai.

2.6 Motor Servo

Motor servo adalah motor elektrik atau aktuator putar yang dirancang dengan sistem kendali *loop* tertutup, servo dapat diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut poros keluaran motor. Motor servo dapat beroperasi dalam dua arah, searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Serta arah sudut pergerakan rotor dapat dikendalikan dengan memvariasikan lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada *pin* kendali. Motor servo dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Motor Servo

Gambar 2.10 menunjukkan motor servo standar 180 derajat yang dapat bergerak dalam dua arah, searah jarum jam dan berlawanan jarum jam. Servo motor memiliki defleksi sudut 90 derajat, sehingga total defleksi sudut 180 derajat dari kanan, tengah, dan kiri.

2.7 Power Modul

Flight controller Pixhawk adalah perangkat elektronik yang sensitif dan membutuhkan sumber daya yang bersih, *power* modul digunakan untuk mengubah tegangan tinggi baterai menjadi tegangan yang dibutuhkan oleh *flight controller* Pixhawk. *Power* modul dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Power Modul

Gambar 2.11 *power* modul ini digunakan untuk mengukur status baterai, hal ini penting untuk sistem *failsafe*. *Failsafe* adalah yang menghentikan misi penerbangan saat melalui *waypoint*. Misalnya *drone* secara otomatis mengambil tindakan darurat atau *failsafe* ketika baterai hampir habis, UAV mendarat secara otomatis atau kembali ke arah pilot.

2.8 Remot Kendali

Remot kendali adalah perangkat yang digunakan untuk mengendalikan pergerakan pesawat tanpa awak (UAV). Modul remot kendali terdiri dari sistem *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). *Transmitter* mengirimkan sinyal radio menuju *receiver* (Rx) melalui *channel* yang dimiliki secara nirkabel, dan *receiver* (Rx) adalah perangkat yang menerima sinyal dari *remote control* yang dikendalikan oleh pilot.

Bentuk sinyal yang dikirim tidak ada aturan baku yang mengatur sehingga perusahaan dapat membuat sinyal kirim sesuai dengan keinginan, dengan menggunakan keluaran radio, penerima dapat mengendalikan ESC atau motor servo yang menggerakkan pesawat terbang tanpa awak pada *aileron*, *elevator*, *throttle*, dan *rudder*. Gambar 2.12 menunjukkan *remote control*.



Gambar 2.12 *Remote Control*.

Gambar 2.12 *remote control* model Taranis X9D adalah perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk mengendalikan pesawat tak berawak secara manual dari lokasi jarak yang jauh. Remot kendali merupakan komponen yang berinteraksi langsung dengan pengguna dan memberikan sinyal perintah untuk menggerakkan pesawat *roll*, *pitch*, dan *yaw*.

2.9 Radio Telemetry

Radio telemetry, merupakan alat komunikasi antara *Ground Control System* (GCS) dengan UAV saat mengudara. Radio telemetry dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Radio Telemetry

Gambar 2.13 Radio telemetry merupakan modem radio jarak menengah yang memiliki dua tipe frekuensi yaitu 9,15 MHz dan 433 MHz, telemetry ini mempunyai jarak sekitar 1 mil. Telemetry ini terdapat dua modul yaitu *transmitter* (Tx) dan *receiver* (Rx). Telemetry menggunakan daya 5V. Menggunakan SIK telemetry radio, dan dapat diatur berdasarkan kebutuhan, seperti mengubah *baut rate*, *air speed*, *TX power*. Beberapa fitur dari radio telemetry ini yaitu sebagai berikut:

- a. Kemampuan *transmit power up to 20dBm* (100mW)
- b. Kemampuan *receiver -121dBm*
- c. *MAVLink protocol framing*
- d. Ukuran yang sangat kecil
- e. Terdapat varian 900MHz atau 433MHz.

2.10 Propeler

Propeler adalah baling-baling yang digunakan untuk menggerakkan pesawat terbang. Baling-baling ini mengubah gerak rotasi menjadi gaya dorong untuk menyalurkan dan menggerakkan pesawat. Baling-baling berperan sebagai sayap berputar sehingga menimbulkan gaya yang menerapkan prinsip *Bernouli* dan

hukum gerak *Newton*, sehingga menghasilkan perbedaan tekanan di permukaan depan dan belakang [1].

Biasanya ukuran *propeller* sudah tersedia pada spesifikasi dari motor yang digunakan, pada spesifikasi motor biasanya terdapat data rekomendasi dari pembuat motor untuk ukuran *propeller* yang digunakan. Satu putaran baling-baling harus berputar maju sesuai jarak yang menyesuaikan *step* ulirnya P (*pitch*) jika baling-baling berputar n kali putaran per menit maka baling-baling akan berputar sampai n kali P .

2.11 Baterai

Baterai Lithium Polimer, juga dikenal sebagai LiPo. Dalam dunia robotika sering menggunakan baterai LiPo. Baterai LiPo menggunakan elektrolit polimer kering, yang merupakan lapisan plastik tipis. Pertukaran ion terjadi karena lapisan film ini berlapis-lapis di antara anoda dan katoda. Metode ini memungkinkan pembuatan baterai LiPo dalam berbagai bentuk dan ukuran. *Hybrid Lithium Polymer* adalah jenis baterai LiPo saat ini beredar [21]. Baterai LiPo dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Baterai LiPo.

Gambar 2.14 merupakan gambar dari baterai LiPo yang digunakan dalam menerbangkan wahana pesawat tanpa awak. Pemilihan baterai LiPo harus berdasarkan rekomendasi dari penggunaan motor yang dipilih, nilai arus dari baterai yang dipilih harus lebih besar atau sama dengan arus yang dibutuhkan oleh

motor. Hal itu dilakukan untuk mencegah baterai panas dan rusak. Parameter baterai yang harus diperhatikan adalah jumlah sel (S), *discharge* (C), dan kapasitas (mAh). Voltase baterai dalam keadaan kosong 1S sama dengan 3,7V, dan *discharge* menunjukkan seberapa besar kecepatan arus yang dikeluarkan dari baterai, dan kapasitas menunjukkan berapa lama baterai dapat bertahan pada ampere tertentu. Selain itu, daya baterai yang dipilih tidak boleh melebihi daya yang dibutuhkan oleh motor.

2.12 Aplikasi Mission Planner

Aplikasi Mission Planner merupakan *software* yang digunakan untuk *monitoring* wahana pesawat tanpa awak (UAV), juga digunakan untuk konfigurasi *flight controller* Pixhawk, selain itu aplikasi Mission Planner digunakan untuk memberikan misi yang akan dilakukan oleh wahana pesawat tanpa awak (*fixed wings*), *software* Mission Planner seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Mission Planner

Gambar 2.15 Mission Planner, *software* tersebut menyediakan data tentang penerbangan oleh UAV mulai dari ketinggian, kecepatan, gerakan *roll*, *pitch*, *yaw*, serta jarak ke *waypoint* berikutnya, kecepatan *vertical*, jarak ke *home*. *Flight controller* diprogram menggunakan *software* Mission Planner yang memiliki banyak parameter untuk pengaturan karakteristik pesawat UAV saat terbang [22].

2.13 Kajian Pustaka

Pada bagian ini berisikan beberapa penelitian terdahulu yang berisikan dengan topik penelitian mengenai metode rancang bangun wahana pesawat tanpa awak *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) model sayap tetap (*fixed wings*). Berikut ini adalah beberapa penelitian yang menjadi landasan dari penelitian yang sedang dilakukan.

Penelitian sebelumnya membahas tentang perancangan dan analisis karakteristik aerodinamik pada pesawat *fixed wing* VTOL UAV. UAV atau *drone* adalah pesawat tanpa awak yang digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemantauan wilayah. UAV dirancang dalam penelitian ini memiliki kemampuan untuk lepas landas dan mendarat secara *Vertical Takeoff and Landing* (VTOL), serta terbang dengan kecepatan tinggi yang sangat berguna untuk pemantauan di area perkotaan. Perancangan pesawat ini melibatkan pemilihan konfigurasi yang sesuai, termasuk geometri sayap dan *fuselage*, serta pemilihan komponen *avionic* yang tepat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pesawat UAV yang dirancang memiliki panjang *fuselage* 1,189 meter, dengan panjang sayap 3 meter dan berat 5,9kg. Selain itu analisis aerodinamik menunjukkan bahwa pesawat ini memiliki C_{lmax} sebesar 0,36 dan C_{Dmax} sebesar 0,199 pada sudut *attack* 4 derajat, efisiensi maksimum sebesar 1,818 pada sudut *attack* 4 derajat [19].

Penelitian sebelumnya berfokus pada perkembangan kendali dan manuver *drone* sayap tetap (*fixed wings*) yang bekerja secara kooperatif. Studi mengenai arsitektur kendali kooperatif, strategi manuver, serta konfigurasi sayap, rotor, dan ekor pada *drone fixed wings*. *Drone fixed wings* dipilih karena kemampuannya untuk menjangkau area yang lebih luas dengan konsumsi energi yang lebih efisien dibandingkan *drone multi-rotor*. Kajian ini, menyoroti pentingnya *drone* kooperatif yang mampu menyelesaikan tugas dengan lebih cepat dan dengan daya tahan yang lebih baik. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa teknologi *drone fixed wings* terus berkembang, didorong oleh kemajuan teknologi komputer, sensor, dan aktuator. Selain itu, makalah ini juga membahas berbagai konfigurasi sayap dan strategi kendali yang berkontribusi pada peningkatan kemampuan manuver *drone* kooperatif [1].

Penelitian sebelumnya membahas pengembangan sistem *autopilot* untuk pesawat tanpa awak (UAV) yang menggunakan algoritma genetika untuk meminimalkan *blank spot* dalam pemetaan udara. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi konsumsi baterai dalam proses pemetaan udara. Sistem yang dikembangkan memungkinkan UAV untuk melakukan analisis *blank spot* secara otomatis dan melakukan optimasi jalur terbang ulang dengan menggunakan algoritma genetika untuk menentukan jarak terpendek. Pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghemat waktu hingga 46,4% dan kapasitas baterai sebesar 41,18% dibandingkan dengan *autopilot* konvensional [2].

Studi sebelumnya melihat perbedaan antara pesawat terbang secara *autonomous* yang menciptakan jejak lintasan tanpa menggunakan hitungan matematis dan pesawat yang menggunakan hitungan matematis. Pesawat UAV memiliki panjang *fuselage* 90 cm dan *wingspan* total 135 cm. *Waypoint* yang digunakan untuk pemetaan area, dengan menggunakan *software* Mission Planner, hasil penelitian dilihat dari lintasan terbang pesawat. Menggunakan perhitungan keliling lingkaran dibagi kecepatan pesawat, penelitian ini dapat menentukan parameter *NavLi_Periode* untuk setiap ketinggian pesawat terbang. Jalur pesawat dapat lebih tepat dari pada pengendali pesawat bawaan [12].

Penelitian sebelumnya mengenai sistem pemetaan udara menggunakan pesawat *fixed wing* penelitian ini menyoroti pentingnya teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dalam mengurangi biaya operasional dan risiko kecelakaan dalam misi pemetaan udara. Teknologi ini menggantikan kebutuhan akan pesawat yang dikendalikan pilot dengan menggunakan UAV yang dapat terbang otomatis. Sistem pemetaan udara yang digunakan dalam penelitian ini menerapkan metode fotogrametri, di mana UAV melakukan pemotretan berurutan untuk menghasilkan peta teritorial dari data foto yang dikumpulkan. Penelitian ini menguji penggunaan pesawat *fixed wing* yang dirancang dari bahan ringan seperti *polyfoam* dan kayu balsa, dengan komponen elektronik yang mengendalikan penerbangan secara otomatis. Pengolahan data gambar dilakukan menggunakan perangkat lunak PIX4D, yang memberikan hasil optimal dengan pengaturan *overlap* dan *sidelap* yang tepat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemetaan

udara pada ketinggian 100 meter dengan kecepatan jelajah 12 m/s memberikan kualitas peta terbaik, menunjukkan efektivitas sistem ini dalam aplikasi pemetaan skala luas [22].

Berdasarkan hasil penelitian yang dipaparkan sebelumnya dapat menjadikan rujukan kajian pustaka dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan *flight controller* Pixhawk sebagai *firmware* dan *software* Mission Planner pada UAV yang dimanfaatkan sebagai *waypoint system* dan *blackblox flight system*. Hasil data berupa *flight log* dari Pixhawk yang dapat dibuka pada Google Earth Pro sebagai aplikasi jalur penerbangan 3 dimensi. Desain pesawat jenis *skywalker* dengan total panjang sayap sebesar 200 cm. UAV dapat terbang dengan berat sekitar 2,7kg. Penelitian ini menganalisis pesawat UAV dalam menyelesaikan tugas mengikuti *waypoint* yang sudah ditetapkan oleh *Ground Control System (GCS)*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

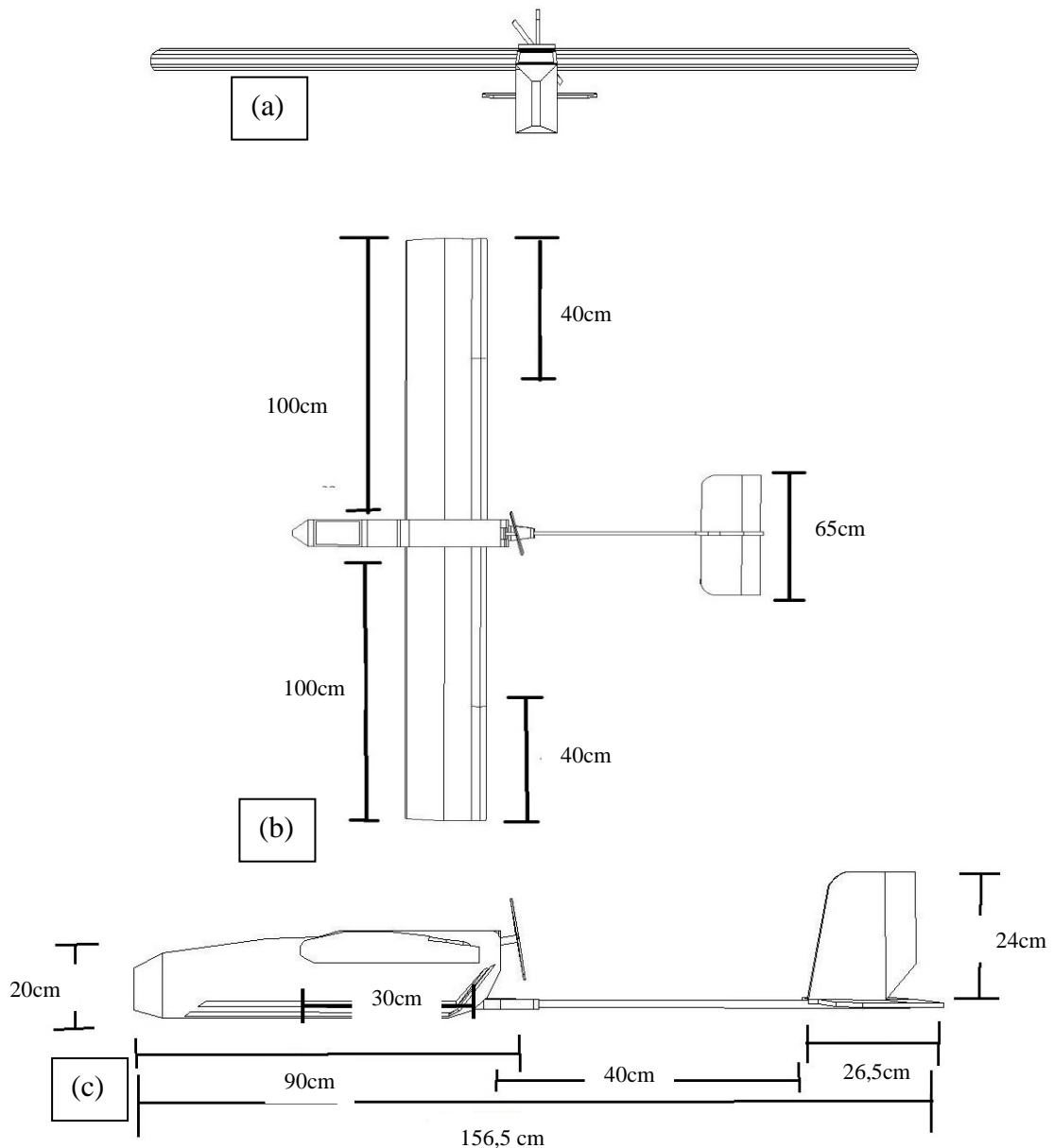
3.1 Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian merupakan bagian penting untuk memastikan sistem pada penelitian ini dapat bekerja dengan optimal. Perancangan ini memerlukan adanya beberapa tahapan, dimulai dengan perancangan pesawat, proses pembuatan pesawat berdasarkan desain 2 dimensi dengan bobot maksimal total berat UAV serta komponen elektronik tidak lebih dari 3kg, menggunakan *brushless motor* Sunnysky yang memiliki daya dorong (*thrust*) hingga 2,7kg. Setelah melakukan perancangan dan pembuatan sistem wahana pesawat tanpa awak, dilakukan pengujian wahana pesawat tanpa awak, pengujian dilakukan dengan tahapan terbang manual dan *autopilot* mengikuti *waypoint*. Jika pesawat yang dirancang dan dibuat tidak bekerja atau mengalami masalah, maka tahap berikutnya kembali pada perancangan dan pembuatan untuk memperbaiki agar wahana UAV dapat terbang.

Setelah pengujian sistem berhasil, maka langkah selanjutnya yaitu pengambilan data, yaitu pengendalian pesawat secara manual dan pengujian pesawat secara *autopilot* menggunakan *flight controller* Pixhawk pada wahana pesawat tanpa awak (UAV). Data yang tersimpan pada *log* Pixhawk dilakukan proses analisis sistem untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan dari wahana pesawat tanpa awak tersebut untuk evaluasi ataupun tambahan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

3.2 Perancangan Wahana UAV

Perancangan wahana UAV di desain menggunakan aplikasi AutoCad 2013. Pesawat yang dirancang merupakan model pesawat UAV *Skywalker* dengan panjang sayap 2 meter, perancangan wahana pesawat tanpa awak berdasarkan gambar 2 dimensi tampak depan, samping, dan tampak atas dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Bentuk *Design* UAV (a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas, (c) Tampak Samping.

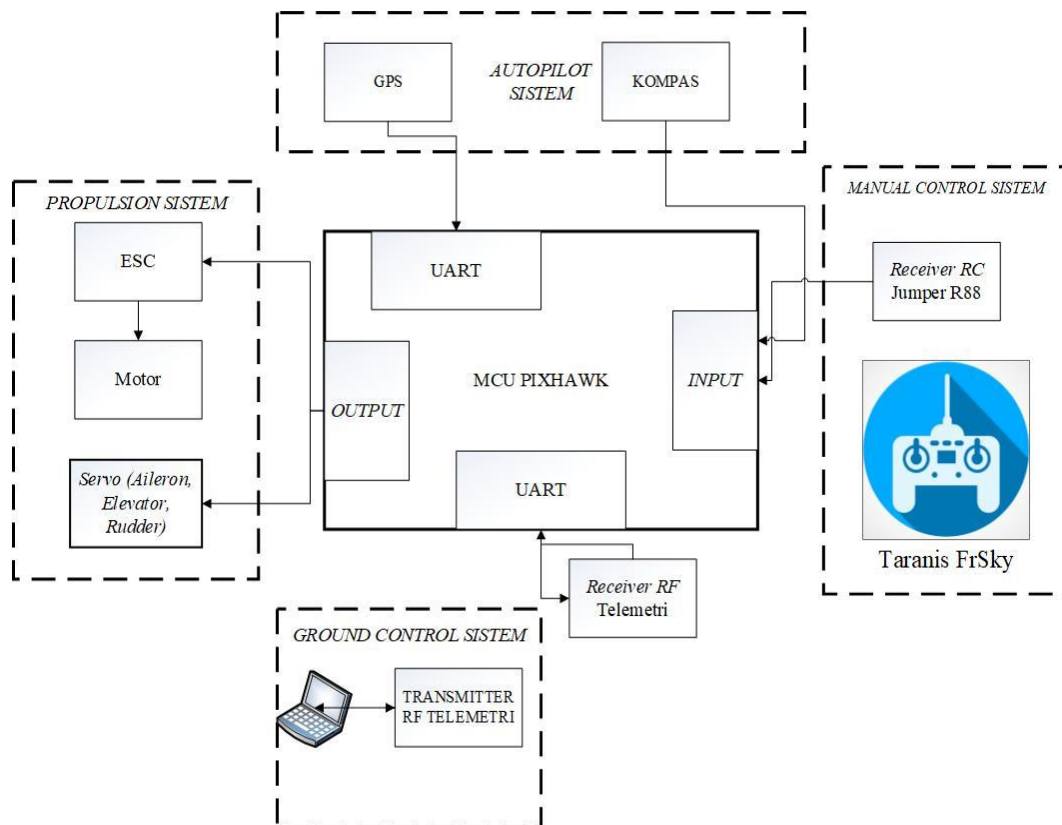
Gambar 3.2 Bentuk *design* UAV menjelaskan desain wahana pesawat tanpa awak (UAV) 2D yang dibuat tampak depan, tampak samping dan tampak atas. Wahana pesawat UAV memiliki total panjang sayap 200 cm dengan panjang *chord* sayap 30 cm. Total panjang pesawat 156 cm. UAV ini memiliki tinggi *fuselage* 20 cm, panjang *aileron* pada masing-masing sayap 40 cm. Tinggi *vertical tail* adalah 24 cm. Panjang *horizontal tail* 65 cm.

3.3 Perancangan *Hardware*

Perancangan *hardware* pada sistem kendali UAV berupa penggabungan beberapa komponen yaitu wahana UAV, radio kendali, *flight controller*, dan aktuator.

3.3.1 Diagram Perancangan Sistem UAV

Terdapat empat sistem utama Pixhawk pada UAV diantaranya *Ground Control System* (GCS), sistem penggerak (*Propulsi*), sistem *autopilot*, dan sistem kendali manual. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.5.



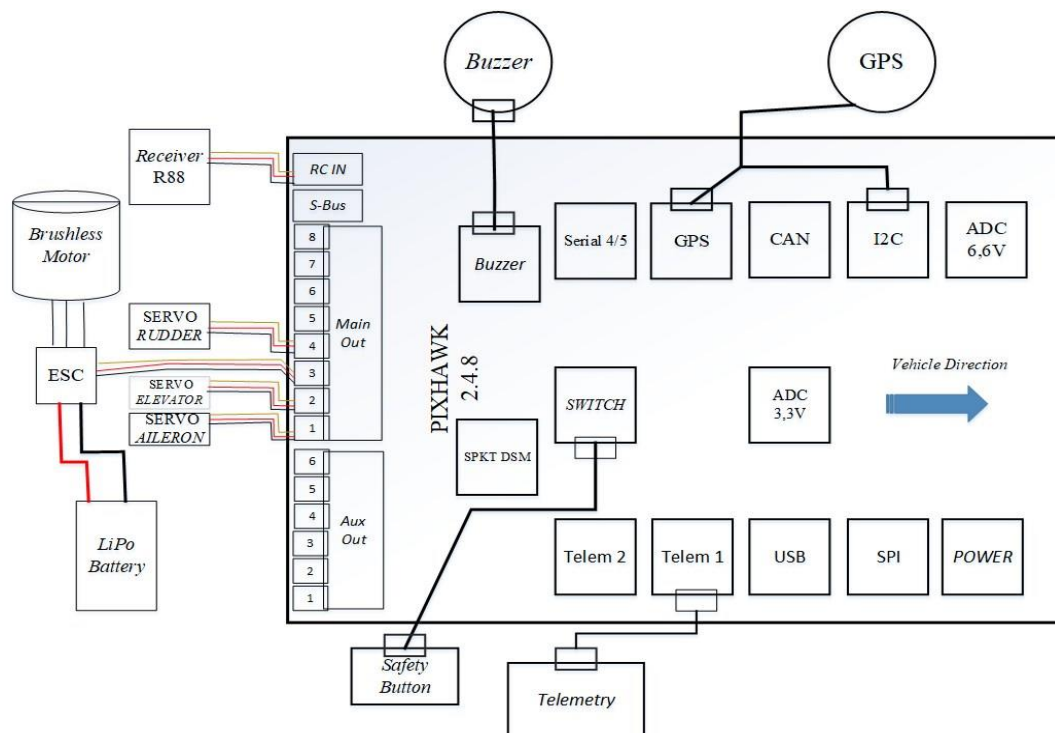
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem UAV

Gambar 3.2 menjelaskan diagram blok sistem pada wahana pesawat UAV saat mode terbang manual dan *autopilot*. GCS terdiri dari laptop dengan *software* Mission Planner dan telemetri *Hollybro*. Sistem penggerak (*propulsi system*) terdiri dari *Electronic Speed Control* (ESC) 80A, *brushless motor* Sunnysky-2820 800kv dan *propeller* 12x6. Sistem kendali manual terdiri dari *remote control*

Frsky Taranis dan Receiver R88. Sistem *autopilot* wahana UAV memanfaatkan *Global Positioning System* (GPS) dan kompas sebagai navigasi UAV bergerak menuju *waypoint*.

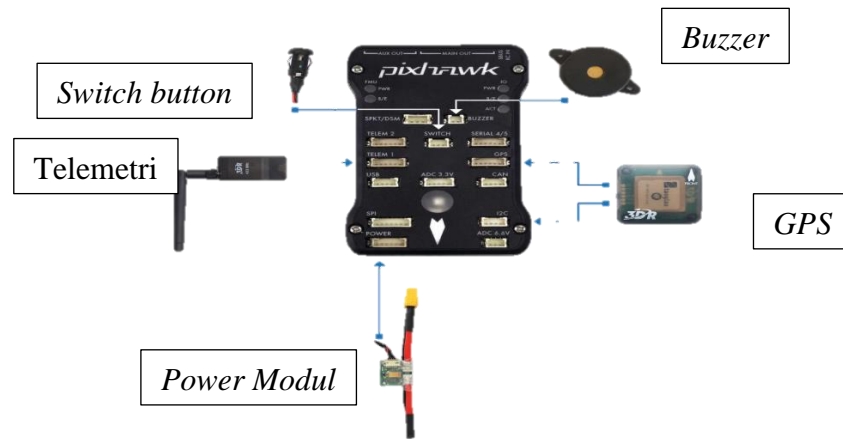
3.3.2 Perancangan Komponen Elektrik

Perancangan elektronik ini menggunakan *schematic* dari Pixhawk yang disambungkan dengan komponen lain dari sistem penggerak, sistem navigasi dan sistem komunikasi pada UAV seperti pada Gambar 3.3.



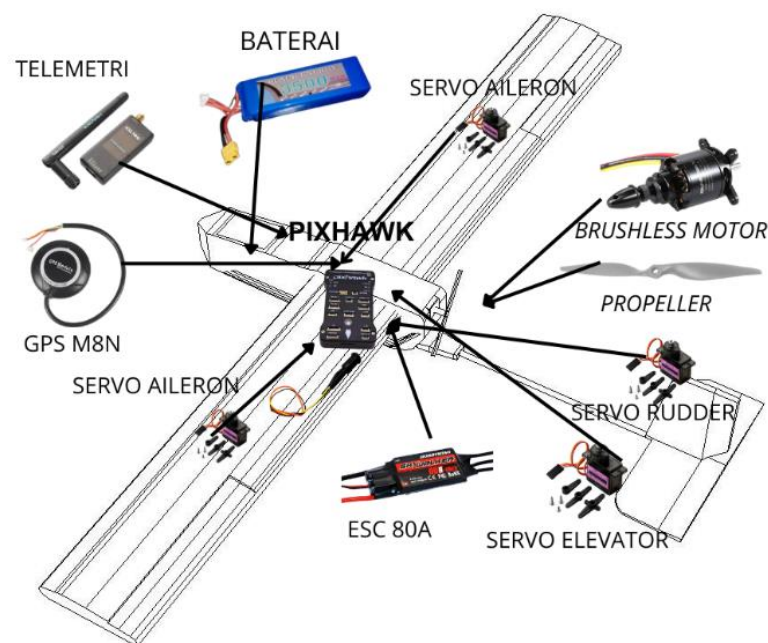
Gambar 3.3 Rangkaian *Schematic* Pixhawk.

Gambar 3.3 di atas merupakan rangkaian *schematic* pada pesawat menggunakan *flight controller* Pixhawk. *Pin main out* 1 untuk *aileron*, *pin main out* 2 untuk *elevator*, *pin main out* 3 untuk *throttle*, dan *pin main out* 4 untuk *rudder*. Receiver R88 masuk ke *pin RC In*. Baterai disambungkan dengan *Electronic Speed Control* (ESC) dan *brushless motor*. *Pin* dari ESC hubungkan ke *pin main out* 3 untuk *throttle*. Penempatan komponen elektrik tombol *safety* dihubungkan ke *pin switch*, *telemetry* dihubungkan ke *pin telem1*, *buzzer* dihubungkan ke *pin buzzer*, GPS dihubungkan ke *pin i2c* dan *pin GPS*, pemasangan komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Komponen Pixhawk

Gambar 3.4 Penempatan GPS dihubungkan ke *pin* GPS dan *pin* I2C untuk kompas. *Buzzer* dihubungkan ke *pin* buzzer. *Switch* dihubungkan ke *pin* switch, telemetri radio dihubungkan ke *pin* telem1 Pixhawk dan *Power module* dihubungkan ke *pin* power. Semua komponen elektrik, seperti baterai, telemetri, GPS, Pixhawk, motor servo, *brushless motor*, propeler, ESC dipasang pada *fuselage* UAV seperti pada Gambar 3.5.

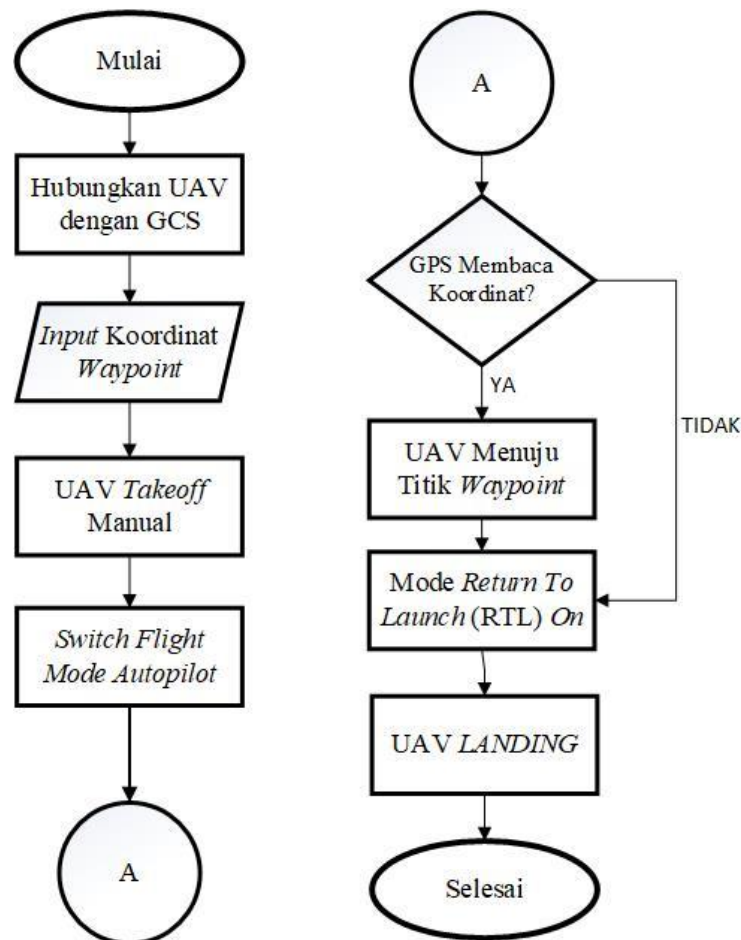


Gambar 3.5 Penempatan Komponen Elektrik UAV

Gambar 3.5 menjelaskan gambar penempatan komponen elektrik pada wahana UAV. Komponen utama *flight controller* Pixhawk dan baterai berada di dalam badan wahana (*fuselage*) UAV, komponen elektrik untuk sistem penggerak pada UAV menggunakan *brushless motor* Sunnysky 2820 800kv dan ESC sebagai pendorong wahana UAV dan komponen 4 buah motor servo untuk menggerakkan *aileron*, *elevator* dan *rudder*. Komponen elektrik yang digunakan sebagai alat navigasi dan komunikasi pada pesawat UAV menggunakan kompas M8N yang diletakkan menempel di atas *fuselage* UAV dan telemetri *hollybro* 433 MHz.

3.4 Perancangan Misi UAV

Penelitian ini menggunakan tahapan dalam pembuatan misi dengan ditentukannya *waypoint* pada aplikasi Mission Planner sebagai pengujian navigasi pada UAV dapat dilihat pada Gambar 3.6 sebagai berikut:



Gambar 3.6 Flowchart UAV Menjalankan Misi Terbang *Autopilot*

Gambar 3.6 merupakan alur UAV menjalankan misi terbang dengan sistem *autopilot*, langkah pertama hubungkan UAV dengan *Ground Control System* (GCS) melalui aplikasi Mission Planner, setelah UAV terhubung dengan aplikasi Mission Planner masukkan koordinat *waypoint* pada aplikasi Mission Planner, setelah itu pesawat UAV *takeoff* manual dengan dikendalikan melalui radio kendali dan mode penerbangan diubah menjadi *autopilot*, GPS akan membaca koordinat UAV dan UAV menuju *waypoint* secara otomatis, setelah selesai pesawat UAV akan kembali ke titik awal saat *take off* untuk melakukan pendaratan.

3.5 Komponen Penelitian

Proses pembuatan wahana pesawat tanpa awak memerlukan beberapa komponen elektronik diantaranya sebagai berikut:

1. Pixhawk merupakan komponen utama dari rangkaian elektronik pada pembuatan wahana pesawat tanpa awak.
2. Motor servo yang digunakan pada pembuatan pesawat tanpa awak ini adalah motor servo SG90. Masing-masing motor servo digunakan untuk menggerakkan *aileron*, *rudder*, dan *elevator* pada bagian pesawat tanpa awak. *Power module* ini dalam kegunaannya sebagai sensor untuk mengukur kondisi baterai, dan dalam keadaan darurat *power module* bisa menggunakan fitur *failsafe* untuk kembali ke posisi awal *take off*.
3. Baterai yang digunakan pada penelitian ini yaitu baterai *Lithium Power* (LiPo).
4. Motor *brushless* yang digunakan yaitu Sunnysky-2826 dengan Rpm/v 800 kv.
5. ESC yang digunakan pada penelitian ini yaitu ESC *skywalker* 80A memiliki fitur keamanan *arming*, yaitu fitur motor tidak akan berputar setelah terhubung dengan baterai.
6. GPS yang digunakan pada pembuatan pesawat tanpa awak ini yaitu Neo GPS M8N.
7. Telemetri yang digunakan yaitu Radio Telemetri Hollybro 433MHz.
8. Remot kendali yang digunakan adalah remot kendali Taranis Frsky X9D dengan Rx R88.

Sementara itu perangkat mekanik yang digunakan dalam proses pembuatan pesawat tanpa awak ini adalah sebagai berikut:

1. *Extruded polystyrene* atau yang sering disebut *styrofoam*. *Styrofoam* ini memiliki struktur sel tertutup sepenuhnya yang membantu busa untuk menahan penetrasi kelembaban dan retensi air yang lebih baik dari bahan busa lain.
2. Kater merupakan salah satu perangkat mekanik yang digunakan dalam membuat kerangka dari wahana pesawat tanpa awak (UAV).
3. Lem tembak, perangkat yang digunakan untuk membuat wahana pesawat tanpa awak yang berfungsi untuk merekatkan bahan seperti *styrofoam* dalam rangka pesawat maupun *wingspan*.
4. Kayu balsa.
5. Pipa karbon digunakan sebagai *spar* atau tulang yang ada di sayap pesawat, dan pipa karbon juga digunakan untuk bagian ekor pesawat.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Wahana

Pembahasan ini menjelaskan hasil perancangan sistem yang meliputi tahapan perancangan pesawat, proses pembuatan pesawat berdasarkan desain yang telah dibuat, serta pemasangan komponen elektronik pada pesawat. Proses pembuatan pesawat menggunakan bahan dari *styrofoam* yang dipotong menggunakan metode *hot wire cutting* atau pemotongan menggunakan kawat panas, metode tersebut digunakan untuk proses pencetakan bagian pesawat seperti bodi pesawat (*fuselage*) dan sayap pesawat. Pembuatan bodi pesawat (*fuselage*) *styrofoam* dibentuk sesuai rancangan model *fixed wing* yang sebelumnya sudah dimodelkan. *Styrofoam* dipotong menjadi beberapa *part* dan digabungkan menjadi satu bagian menggunakan lem tembak, proses pembuatan wahana dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Pembuatan Bodi Pesawat (*Fuselage*).

Gambar 4.1 badan pesawat *fixed wings* diberi triplek dan kayu balsa. Penggunaan triplek dan kayu balsa tersebut sebagai penguat struktur di badan pesawat *fixed wings*. Horizontal dan *vertical tail* juga dibuat dengan bahan dasar menggunakan *Styrofoam*. Proses pembuatan tidak berbeda dengan pembuatan *fuselage* pesawat *fixed wings*.

Proses pembuatan sayap dilakukan dengan menggunakan cetakan *airfoil* dari kayu balsa pada kedua sisi. Penggunaan kayu balsa bertujuan agar cetakan mudah dibentuk dan hasil potongan menjadi halus, sehingga tidak tersangkut oleh kawat saat proses pemotongan. Proses pemotongan untuk pembuatan sayap dilakukan secara perlahan menggunakan *hot wire* mengikuti cetakan *airfoil* sayap. Proses pembuatan sayap sendiri dibagi menjadi dua bagian dengan panjang 100cm untuk setengah sayap pesawat. Panjang total keseluruhan sayap yakni 200cm. Berdasarkan hasil perhitungan berdasarkan Persamaan (2.6) UAV ini memiliki luas sayap (*WingArea*) 6000cm^2 atau 60 dm^2 hasil lengkap tertera pada halaman lampiran E perhitungan.

Pemilihan *airfoil* untuk *wingspan* yang digunakan yakni jenis *airfoil flat bottom* dengan lebar *chord* 30cm. Menggunakan *Center of Gravity* (CG) 30% dari lebar sayap (*chord*) dengan total lebar sayap sebesar 30 cm, titik CG pada pesawat berada di 7,5cm dari total panjang *chord*, hasil lengkap terdapat pada halaman lampiran E perhitungan. Setelah seluruh komponen terbentuk, komponen tersebut dirakit menjadi satu kesatuan utuh *fixed wings*, agar menambah penampilan *fixed wings*, *fixed wings* tersebut diberi warna menggunakan lakban berwarna pada komponen *fuselage*, *horizontal tail* dan *vertical tail*. Wahana UAV yang sudah jadi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kit Wahana *Fixed Wing* .

Gambar 4.2 kit wahana *fixed wing*, setelah melakukan proses pembuatan badan pesawat (*fuselage*) dan pembuatan *wingspan* sayap semua komponen dirakit dan disambungkan menjadi satu kesatuan wahana UAV *fixed wing*.

Spesifikasi wahana UAV diukur menggunakan *roll meter* dan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Lampiran B Pengukuran UAV.

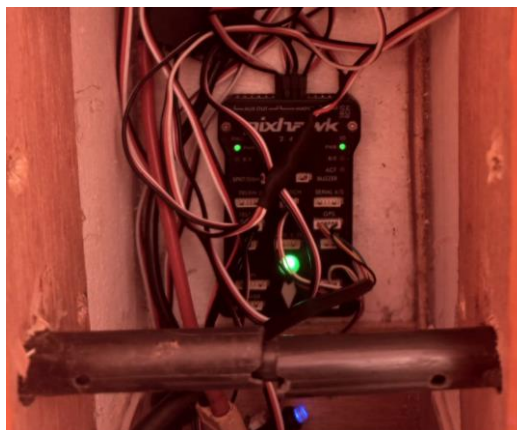
Tabel 4. 1 Hasil Spesifikasi Wahana *Fixed Wings*

Dimensi Pesawat	Hasil (cm)
Panjang <i>wingspan</i>	200
Lebar <i>wingspan</i>	30
Panjang wahana	155
Panjang <i>fuselage</i>	80
Panjang ekor wahana	53
Tinggi <i>fuselage</i>	20
Panjang <i>horizontal stabilizer</i>	45
Lebar <i>horizontal stabilizer</i>	21
Panjang <i>vertical stabilizer</i>	24
Lebar <i>vertical stabilizer</i>	24
Panjang <i>aileron</i>	40

Tabel 4.1 menjelaskan spesifikasi wahana *fixed wings* yang telah diukur menggunakan *roll meter*. Hasil pengukuran UAV memiliki panjang *wingspan* 200cm, lebar *wingspan* 30cm, panjang wahana UAV 155cm, panjang *fuselage* 80cm, panjang ekor wahana 53cm, tinggi *fuselage* 20cm, panjang *horizontal stabilizer* 45cm, lebar *horizontal stabilizer* 21,5cm, panjang *vertical stabilizer* 24cm, lebar *vertical stabilizer* 24cm, dan panjang *aileron* 40cm.

4.2 Pengujian Komponen Elektrik

Proses pemasangan komponen elektrik pada wahana pesawat tanpa awak merupakan salah satu proses terpenting dalam pengoperasian wahana. Koneksi *input* dan *output* mempengaruhi dalam pengendalian wahana, baik komponen elektrik pada sistem propulsi, sistem navigasi, dan sistem kendali pada wahana UAV harus dipastikan dapat berfungsi dengan normal. Sistem kendali wahana pesawat tanpa awak ini menggunakan 4 *pin main servo output* dan 1 *pin rc in* di Pixhawk. *Pin 1 servo output* untuk menggerakkan *aileron*, *pin 2 servo output* untuk menggerakkan *elevator*, *pin 3 output* untuk menggerakkan *throttle* pada UAV, dan *pin 4 servo output* untuk menggerakkan *rudder* pada pesawat UAV. Seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Komponen Elektrik di Wahana.

Gambar 4.3 Komponen elektrik Pixhawk di wahana pesawat tanpa awak sudah terpasang pada wahana UAV, perangkat penggerak berupa motor *brushless* Sunnysky-2820 800kv yang dihubungkan dengan *Electronic Speed Control* (ESC) yang berfungsi untuk mengatur kecepatan, 2 buah motor servo sebagai penggerak *aileron* yang digabungkan menggunakan kabel Y (2 in 1). 1 buah motor servo digunakan sebagai *elevator*, dan 1 buah motor servo digunakan sebagai penggerak untuk *rudder*. Komponen elektrik SIK telemetri radio, GPS, *buzzer* dan tombol *switch*. Seluruh komponen elektrik dalam wahana pesawat ini dapat berfungsi dengan baik seperti pada Tabel 4.2 dan terdapat pada halaman lampiran C pengujian elektrik.

Tabel 4.2 Koneksi Komponen Elektrik

Komponen	Koneksi Pin	Status
Servo1 dan 2 (<i>Aileron</i>)	<i>Main servo output 1</i>	Aktif
Servo 3 (<i>elevon</i>)	<i>Main servo output 2</i>	
<i>Brushless motor</i>	<i>Main servo output 3</i>	
Servo 4 (<i>rudder</i>)	<i>Main servo output 4</i>	
<i>Radio receiver</i>	<i>RC IN</i>	
Telemetri	<i>Telem 1</i>	
GPS	<i>GPS, I2C</i>	
<i>Buzzer</i>	<i>Buzzer</i>	
<i>Switch failsafe</i>	<i>Switch</i>	

Tabel 4.2 menjelaskan seluruh komponen elektrik, empat buah motor servo, *brushless motor*, *radio receiver*, telemetri, GPS, *buzzer* dan tombol *switch*

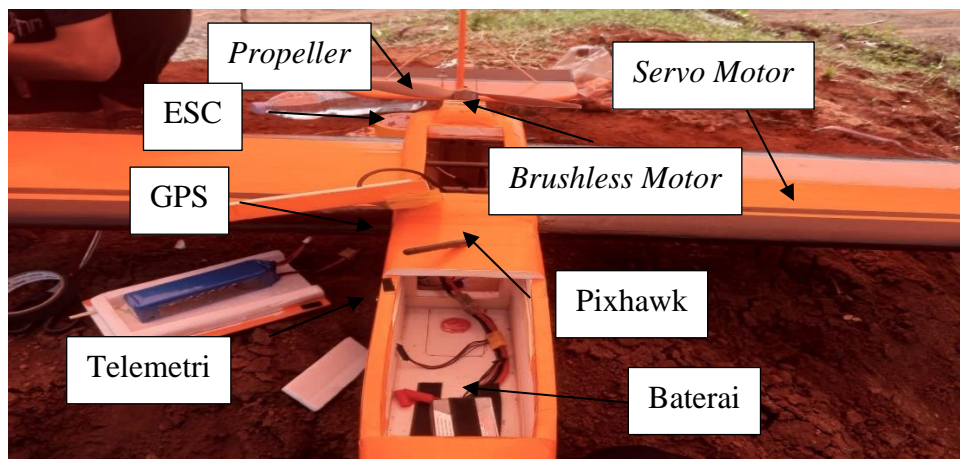
dapat berfungsi dengan baik dan sesuai. Komponen elektrik dapat berfungsi dengan baik terdapat pada Lampiran C.

Selanjutnya, wahana pesawat tanpa awak (UAV) yang sudah terpasang komponen elektrik dan baterai ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan berat keseluruhan pesawat *All Up Weight* (AUW). Mengetahui total berat keseluruhan pada wahana pesawat tanpa awak merupakan suatu hal yang sangat penting, hal ini berpengaruh dalam pemilihan motor dan *propeller* yang digunakan untuk menerbangkan wahana pesawat. Total berat UAV terdapat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Total Berat UAV

No.	Nama	Massa (gr)
1	ESC	83
2	<i>Propeller 12x6</i>	13
3	Motor Sunnysky 2820 800kv	162
4	<i>Receiver R88</i>	11
5	GPS M8N	32
6	Telemetri Radio	23
7	Pixhawk	42
8	<i>Power Module</i>	25
9	Baterai	700
10	Kit Wahana UAV	1699
	Total	2790

Tabel 4.3 menjelaskan total berat pesawat (AUW) yang terpasang dengan komponen elektrik seperti ESC dengan berat 83gr, *propeller* 13gr, *motor brushless* 162gr, *receiver* R88 11gr, GPS M8N 32gr, telemetri radio 23gr, Pixhawk 42gr, *Power module* 25gr, baterai 700gr, berat kosong UAV 1699gr dan berat total wahana UAV 2,790gr. Total berat UAV terdapat pada Lampiran A Berat UAV. Berdasarkan perhitungan di Lampiran E, pesawat UAV ini memiliki *wing loading* atau beban yang ditanggung oleh sayap sebesar 45 gr/dm^2 . Hasil pemasangan komponen elektrik pada wahana UAV dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Wahana Pesawat Tanpa Awak

Gambar 4.4 menjelaskan tentang penempatan komponen elektrik dan penggerak yang dipasang pada wahana pesawat tanpa awak (UAV). Percobaan kali ini, wahana pesawat tanpa awak menggunakan *brushless* motor Sunnysky-2820 800kv dan *propeller* yang digunakan 12x6. Berdasarkan perhitungan menggunakan Persamaan (2.3) di Lampiran E. Perhitungan *power* motor yang digunakan UAV sebesar 675 Watt. Berdasarkan data spesifikasi dari motor Sunnysky 2820-800kv, motor tersebut memiliki daya maksimal 700Watt dengan maksimal arus yang keluar 47,25Ampere. Pemilihan motor menggunakan ESC 80A sangat aman untuk penerbangan UAV dengan berat 2700gram.

4.3 Pengujian Terbang Wahana UAV

Pengujian wahana UAV dilakukan dengan 2 tahap, pengujian wahana UAV terbang secara manual dan terbang secara *autopilot* mengikuti *waypoint* yang sudah ditentukan oleh *Ground Control System* (GCS).

4.3.1 Pengujian Terbang Manual

Pengujian wahana pesawat tanpa awak ini dilakukan dalam 2 tahap, pertama pengujian wahana pesawat tanpa awak dengan menggunakan mode terbang manual. Pengujian wahana pesawat tanpa awak dengan mode terbang manual bertujuan untuk mengetahui kekurangan dan karakteristik saat pertama kali wahana pesawat tanpa awak terbang, atau biasa disebut *maiden flight*. Sebelum melaksanakan penerbangan perdana (*maiden*) *flight*, harus memastikan pesawat

dan GCS dalam kondisi aman sesuai dengan panduan *pre-flight checklist* yang terdapat di Lampiran D *preflight checklist*. Pengujian terbang perdana (*maiden*) wahana pesawat tanpa awak dilakukan di lapangan terbuka, luas dan jauh dari rumah penduduk di Kecamatan Pasar Kemis, Kabupaten Tangerang. Wahana pesawat tanpa awak diterbangkan (*takeoff*) dengan cara dilempar atau *hand launch*, dapat dilihat pada Gambar 4.5 persiapan *takeoff* wahana.



Gambar 4.5 Persiapan *Takeoff* Wahana

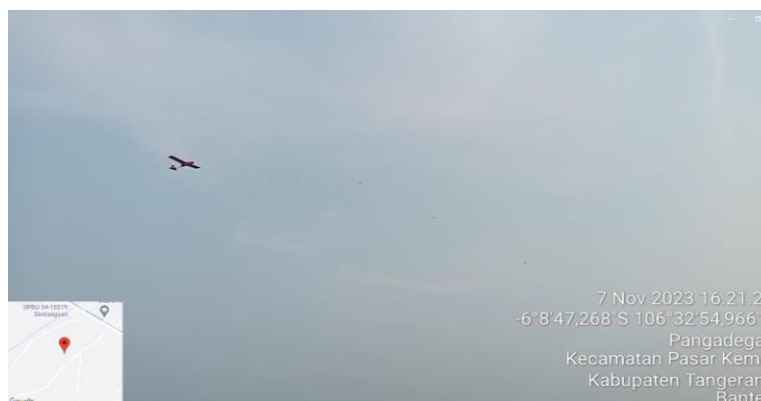
Gambar 4.5 menjelaskan persiapan terbang wahana dengan seorang berdiri membawa wahana pesawat tanpa awak (UAV) yang dipegang oleh tangan, dan seorang yang menjadi pilot memegang radio kendali untuk mengendalikan wahana pesawat tanpa awak. Proses *takeoff* wahana pesawat tanpa awak (UAV) dilakukan dengan cara dilempar (*hand launch*) dan dikendalikan langsung oleh pilot menggunakan remot kendali seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Wahana UAV *Takeoff*

Gambar 4.6 menjelaskan wahana pesawat tanpa awak dapat terbang (*take off*) dengan cara *hand launch* atau dilempar, sebelum dilempar, pilot wahana pesawat tanpa awak menaikkan tuas *throttle* pada remot kendali lebih dari 75%, hal tersebut dilakukan supaya pesawat mendapatkan gaya dorong yang dapat mengangkat wahana pesawat tanpa awak untuk *takeoff*. Saat *takeoff* wahana pesawat tanpa awak diharuskan untuk melawan arah angin, hal tersebut dilakukan supaya sayap pesawat memiliki daya angkat untuk dapat terbang.

Wahana UAV setelah melakukan *takeoff* melakukan pengujian manual dengan melakukan gerakan manuver *roll*, *pitch*, dan *yaw* saat pesawat UAV sudah mengudara. Pengujian manual ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pesawat apakah *Center of Gravity* sudah benar. Jika pesawat condong ke bawah saat terbang, maka perlu dilakukan *trim up* pada *elevator* melalui remot kendali, dan jika pesawat condong ke atas maka perlu dilakukan *trim down* pada *elevator* melalui remot kendali. Wahana UAV berhasil terbang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Wahana UAV Saat Terbang

Gambar 4.7 wahana pesawat tanpa awak berhasil terbang dengan mode manual yang dikendalikan oleh pilot melalui remot kendali. Saat percobaan, wahana pesawat tanpa awak dapat melakukan manuver seperti belok ke kanan dan ke kiri, *pich up* dan *pich down*. Percobaan terbang perdana (*maiden*) wahana pesawat tanpa awak ini berhasil terbang dan dapat *landing* dengan aman seperti pada Gambar 4.8.

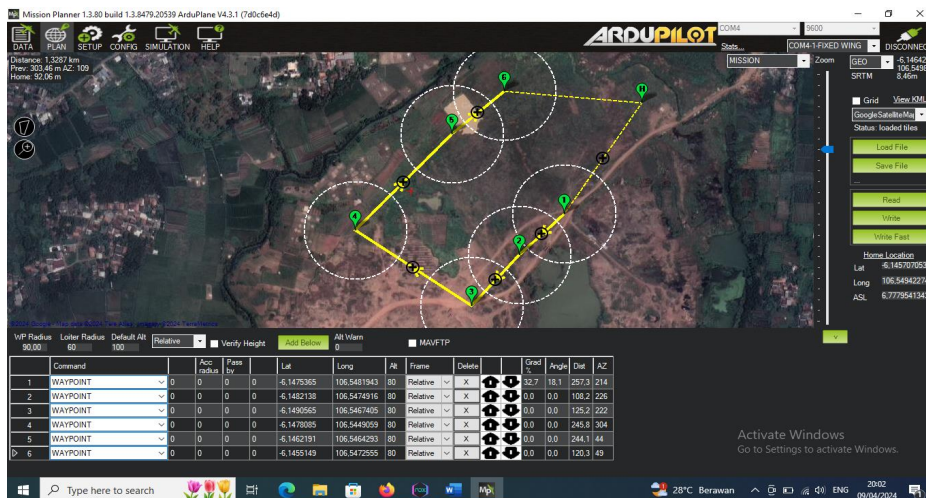


Gambar 4.8 Wahana UAV *Landing*

Gambar 4.8 wahana pesawat UAV berhasil melakukan *landing* secara manual yang dilakukan oleh pilot dengan menggunakan remot kendali. Pesawat UAV diperiksa kembali setelah berhasil mendarat, pemeriksaan pesawat UAV untuk memastikan pesawat tidak mengalami kerusakan untuk dilakukan pengujian terbang kembali dengan mode terbang *autopilot*.

4.3.2 Pengujian Terbang *Autopilot*.

Pengujian terbang wahana UAV secara otomatis dilakukan berdasarkan *flowchart* dengan diberikan perintah pada Pixhawk melalui *software* Mission Planner. Laptop yang menjadi GCS terhubung dengan Pixhawk melalui telemetri, seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Waypoint UAV

Gambar 4.9 menjelaskan proses pembuatan *waypoint* untuk dilintasi oleh wahana UAV secara *autopilot* sebanyak 6 *waypoint* pada aplikasi Mission Planner dan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 *Waypoint* UAV

No.	Command	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Distance (m)
1	Waypoint	-6,1472751	106,5483713	80	225,2
2	Waypoint	-6,1482138	106,5474916	80	142,7
3	Waypoint	-6,1490565	106,5467405	80	125,2
4	Waypoint	-6,1478085	106,5449059	80	245,8
5	Waypoint	-6,1462191	106,5464293	80	244,1
6.	Waypoint	-6,1455149	106,5472555	80	120,3

Tabel 4.4 menjelaskan *waypoint* atau titik koordinat yang dilalui wahana pesawat tanpa awak saat terbang dengan mode *autopilot*. Berdasarkan data yang dibuat di aplikasi Mission Planner jarak antara titik awal (*home*) menuju *waypoint* ke 1 yang berada di koodinat -6,147275, 106,5483713 sepanjang 225,2 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter, jarak *waypoint* 1 ke *waypoint* ke 2 yang berada di koordinat -6,1482138, 106,5474916 sepanjang 142,7 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter, jarak dari *waypoint* ke 2 menuju ke *waypoint* ke 3 yang berada di koordinat -6,1490565, 106,5467405 sepanjang 125 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter, jarak *waypoint* ke 3 menuju *waypoint* ke 4 yang berada di koordinat -6,1478085, 106,5449059 sepanjang 245,8 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter, jarak *waypoint* ke 4 menuju ke *waypoint* ke 5 yang berada di koordinat -6,1462191, 106,5464293 sepanjang 244,1 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter dan dari *waypoint* ke 5 menuju *waypoint* ke 6 yang berada di koodinat -6,1455149, 106,5472555 sepanjang 120 meter dengan ketinggian UAV saat terbang 80 meter. Total jarak keseluruhan *waypoint* sepanjang 1,32km.

UAV terbang menuju *waypoint* dengan mode terbang *autopilot*. UAV dapat terbang mengikuti *waypoint* setelah pilot melakukan *switch flight mode* menggunakan remot kendali seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 UAV Terbang Mode *Autopilot* Menuju *Waypoint 1*

Gambar 4.10 wahana pesawat UAV berjalan secara *autopilot* menuju *waypoint 1* dengan jarak yang ditempuh 225 meter, wahana UAV berhasil menuju *waypoint 1* dalam waktu 11 detik saat mode penerbangan diubah dari manual menjadi mode *autopilot*. UAV menuju *waypoint 2* dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 UAV Menuju *Waypoint 2*

Gambar 4.11 wahana pesawat UAV berhasil terbang berjalan dengan mode *autopilot* dari *waypoint 1* menuju *waypoint 2*, pesawat berhasil terbang di ketinggian 80 meter. UAV berjalan dari *waypoint 1* ke *waypoint 2* dalam waktu 9 detik dengan jarak sekitar 142,7 meter. UAV berjalan ke *waypoint ketiga* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 UAV Menuju Waypoint 3

Gambar 4.12 wahana pesawat UAV berhasil terbang dari *waypoint 2* menuju *waypoint 3* dengan jarak sekitar 125 meter dan ketinggian UAV berada di 80 meter. UAV berjalan dari *waypoint 2* menuju ke *waypoint 3* dalam waktu 9 detik. UAV berjalan menuju *waypoint* keempat dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 UAV Menuju Waypoint 4

Gambar 4.13 wahana UAV berhasil terbang dengan mode *autopilot* dari *waypoint 3* menuju *waypoint 4* dengan jarak yang dilalui UAV sepanjang 245,8 meter. UAV dapat terbang di ketinggian 80 meter. UAV terbang dari *waypoint 3* menuju *waypoint 4* dalam waktu 21 detik. Penerbangan dari *waypoint 3* menuju ke *waypoint 4*, pesawat UAV sempat kehilangan komunikasi antara UAV dengan GCS selama 14 detik, namun UAV tetap melanjutkan penerbangannya menyelesaikan misi. UAV berjalan menuju *waypoint 5* dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 UAV Menuju Waypoint 5

Gambar 4.14 UAV berhasil terbang dari *waypoint* 4 menuju *waypoint* 5 dengan mode *autopilot*. Jarak antara *waypoint* 4 ke *waypoint* 5 sepanjang 244 meter dan ketinggian terbang wahana 80 meter. Wahana UAV berhasil menuju *waypoint* 5 dalam waktu 24 detik. UAV berjalan menuju *waypoint* 6 dapat dilihat pada Gambar 4.15.

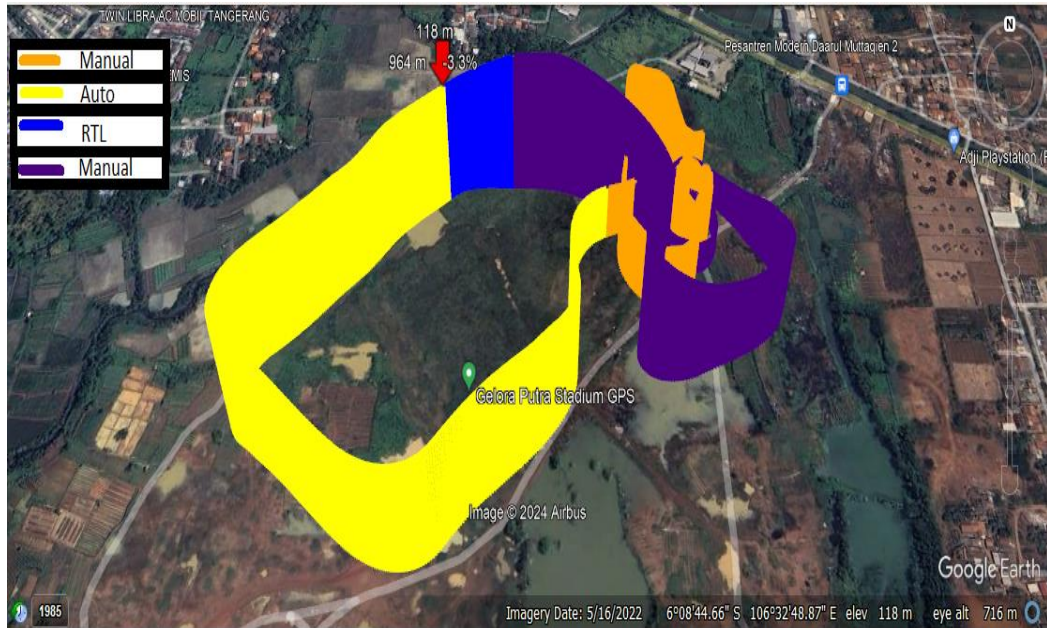


Gambar 4.15 UAV Menuju Waypoint 6

Gambar 4.15 UAV berhasil terbang dari *waypoint* 5 menuju *waypoint* 6 dengan mode terbang *autopilot*. Jarak antara *waypoint* 5 menuju *waypoint* 6 sepanjang 120 meter dan ketinggian terbang wahana 80 meter. Wahana UAV terbang dari *waypoint* 5 menuju *waypoint* 6 dalam waktu 10 detik. Wahana UAV berhasil melewati seluruh *waypoint* yang sudah ditentukan dalam waktu 84 detik dengan mode *autopilot* dan wahana UAV terbang dengan mode *Return To Launch* (RTL) menuju tempat pertama kali pesawat saat *take off* untuk melakukan pendaratan dengan mode terbang manual yang dikendalikan oleh remot.

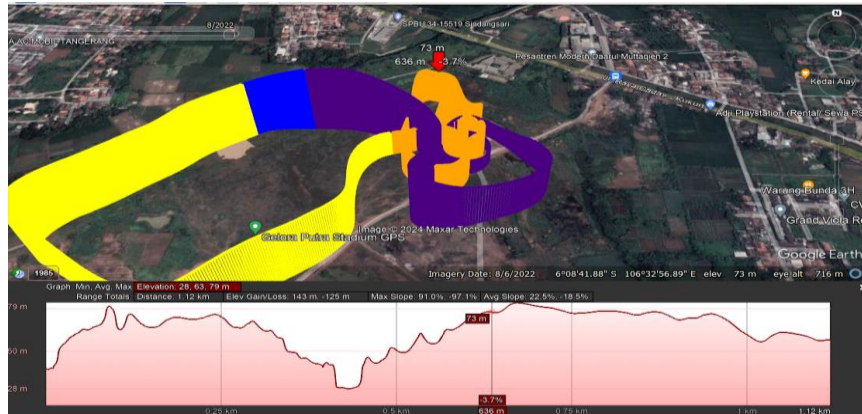
4.4 Analisis Log Terbang UAV

Setelah pesawat UAV melakukan terbang menyelesaikan misi mengikuti *waypoint*. Data saat UAV terbang tersimpan dalam *log* Pixhawk, untuk melihat lintasan UAV selama terbang. Data *log* yang tersimpan di Pixhawk dimasukkan ke dalam aplikasi Google Earth Pro seperti pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Lintasan UAV Saat Terbang

Gambar 4.16 adalah hasil lintasan UAV saat terbang, data *log* yang tersimpan pada *flight controller* Pixhawk diolah menggunakan aplikasi Google Earth Pro untuk mengetahui ketinggian jalur terbang pada wahana pesawat UAV. Gambar ketinggian yang berwarna jingga adalah mode penerbangan manual UAV saat melakukan *takeoff*, sedangkan warna kuning merupakan mode penerbangan *autopilot* UAV, warna biru merupakan mode penerbangan *Return to Launch* (RTL), dan terakhir warna ungu merupakan mode penerbangan manual UAV saat melakukan *landing*. Grafik ketinggian saat melakukan penerbangan mode terbang manual dengan jalur penerbangan berwarna oren dapat dilihat pada Gambar 4.17.



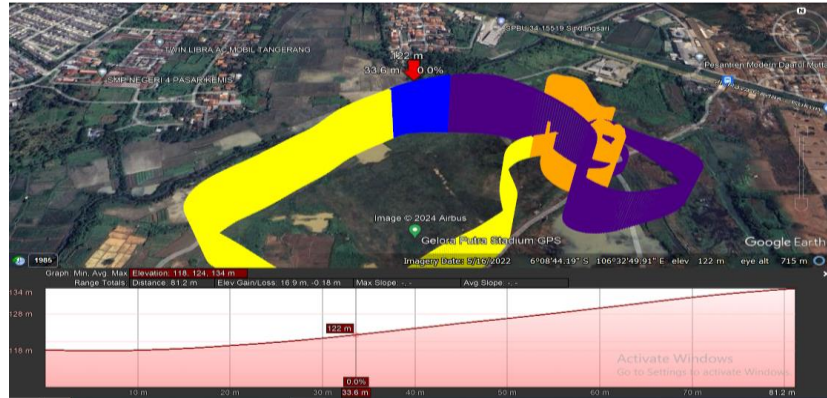
Gambar 4.17 Grafik Ketinggian UAV Penerbangan Manual

Gambar 4.17 merupakan grafik UAV saat penerbangan manual saat *takeoff*, dengan ketinggian terendah 28 meter, ketinggian rata-rata 63 meter dan ketinggian tertinggi adalah 79 meter, dengan total jarak yang dilalui 1,12 kilometer, setelah itu wahana pesawat tanpa awak dipindahkan ke mode penerbangan *autopilot*. Gambar grafik ketinggian penerbangan *autopilot* dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Grafik Ketinggian UAV Mode *Autopilot*

Gambar 4.18 menjelaskan wahana UAV saat mode terbang *autopilot*, UAV terbang sejauh 965 meter, dalam grafik tersebut, UAV meningkatkan ketinggian dari 57 meter hingga ketinggian 116 meter pada jarak 253 meter. Wahana pesawat UAV tersebut terbang, mode *autopilot* dengan ketinggian terendah 57 meter, ketinggian rata-rata saat terbang mode *autopilot* 109 meter dan ketinggian tertinggi 119 meter. Grafik ketinggian saat UAV berjalan melakukan mode penerbangan *Return to Launch* (RTL) dapat dilihat pada Gambar 4.19.



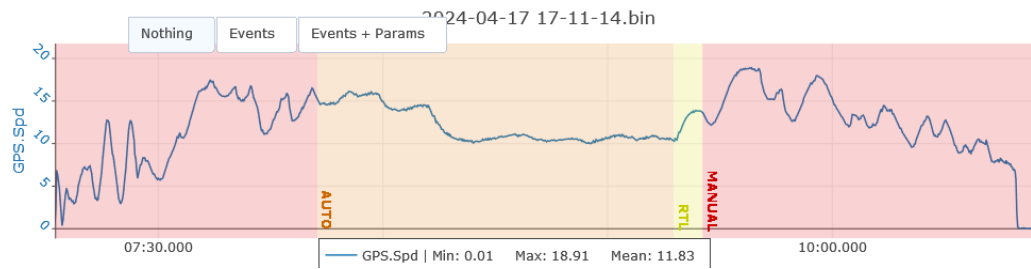
Gambar 4.19 Grafik Ketinggian UAV Mode RTL

Gambar 4.19 merupakan grafik ketinggian UAV saat terbang mode *Return to Launch* (RTL), mode terbang RTL pesawat UAV menuju tempat pertama kali saat *takeoff*, percobaan ini pesawat berada di ketinggian terendah 118 meter, rata-rata ketinggian 124 meter, dan ketinggian tertinggi di 134 meter. Grafik ketinggian UAV saat melakukan *landing* dapat dilihat pada Gambar 4.20.



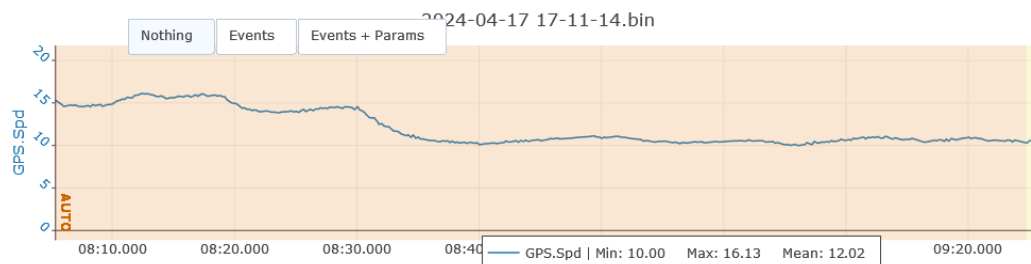
Gambar 4.20 Grafik Ketinggian UAV Mode Manual

Gambar 4.20 merupakan grafik UAV saat kembali ke mode manual untuk melakukan *landing*. UAV melakukan penurunan ketinggian dari 137 meter menuju ketinggian terendah di 26 meter, sampai ketinggian berada di titik 0 meter. Grafik kecepatan wahana pesawat tanpa awak saat pertama terbang hingga pesawat kembali mendarat dapat dilihat pada Gambar 4.21.



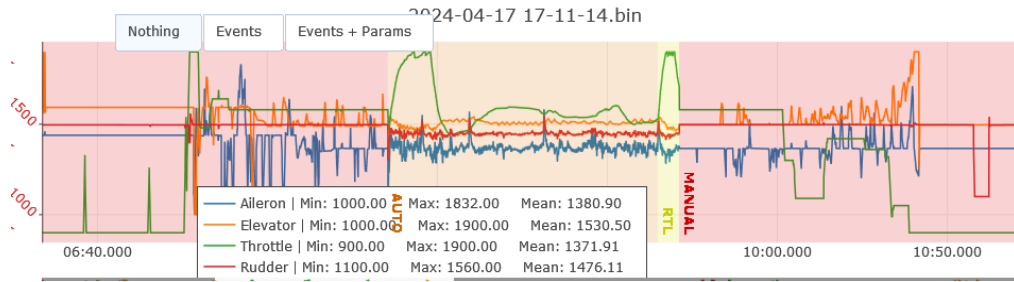
Gambar 4.21 Grafik Kecepatan UAV

Gambar 4.21 menjelaskan kecepatan rata-rata pesawat UAV saat *takeoff* dan mode terbang manual, mode terbang *autopilot* mengikuti *waypoint*, mode terbang RTL dan kembali ke mode terbang manual untuk melakukan *landing*. Berdasarkan grafik tersebut, kecepatan minimum UAV adalah 0,01km/jam dan kecepatan tertinggi 18,91km/jam dan kecepatan rata-rata UAV adalah 11,83km/jam. Grafik kecepatan UAV saat mode terbang *autopilot* dapat dilihat pada Gambar 4.22



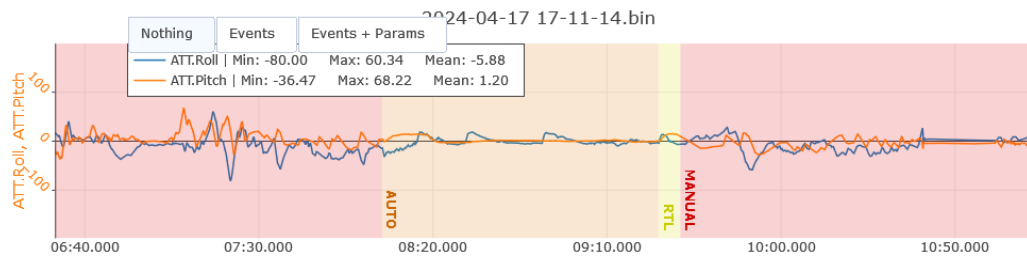
Gambar 4.22 Grafik Kecepatan UAV Mode *Autopilot*

Gambar 4.22 menjelaskan kecepatan UAV saat terbang dengan mode *autopilot* dan berjalan menuju *waypoint* yang sebelumnya sudah ditentukan oleh *Ground Control System (GCS)*. UAV berjalan dengan kecepatan rata-rata 12 km/jam dan kecepatan terendah 10 km/jam, dan kecepatan maksimal 16 km/jam. Grafik nilai PWM wahana pesawat UAV saat *takeoff* hingga kembali mendarat dapat dilihat pada Gambar 4.23



Gambar 4.23 Grafik PWM *Aileron, Elevator, Throtle, Rudder*

Gambar 4.23 menunjukkan grafik PWM *aileron, elevator, throttle, dan rudder* (AETR). UAV saat terbang dalam mode manual, *autopilot*, RTL, dan kembali ke mode terbang manual. Nilai rata-rata PWM untuk *aileron* adalah 1380, nilai rata-rata PWM untuk *elevator* adalah 1530, dan nilai PWM rata-rata untuk *throtle* adalah 1371, dan nilai pwm rata-rata untuk *rudder* 1476. Grafik nilai *altitude roll, altitude pitch* dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 Grafik *Altitude Roll, Altitude Pitch*

Gambar 4.24 menjelaskan nilai grafik *altitude roll, dan altitude pitch*. Nilai minimal *roll altitude* -80, nilai maksimal *roll altitude* 60,34, nilai rata-rata *roll altitude* -5,88. Nilai minimal *pich altitude* -36,47, nilai maksimal *pich altitude* 68,22, nilai rata-rata *pich altitude* 1,20.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan wahana pesawat tanpa awak (UAV) kemudian dilanjutkan dengan pengujian dan analisis, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Wahana UAV berhasil melakukan terbang perdana (*maiden flight*) secara manual dengan dikendalikan oleh remot kendali, dan melakukan manuver *Roll, Pich* dan *yaw*.
2. UAV dapat terbang secara *autopilot* mengikuti 6 *waypoint* yang sudah ditentukan oleh *Ground Control System* (GCS) dalam waktu 84 detik dengan jarak yang ditempuh 1.10 km.
3. Nilai minimal *roll altitude* -80, nilai maksimal *roll altitude* 60,34, nilai rata-rata *roll altitude* -5,88. Nilai minimal *pich altitude* -36,47, nilai maksimal *pich altitude* 68,22, nilai rata-rata *pich altitude* 1,20.
4. Nilai rata-rata PWM untuk *aileron* adalah 1380, nilai rata-rata PWM untuk *elevator* adalah 1530, dan nilai PWM rata-rata untuk *throttle* adalah 1371, dan nilai pwm rata-rata untuk *rudder* 1476
5. Kecepatan rata-rata wahana pesawat UAV dari *takeoff* hingga *landing* adalah 11,8km/jam. Kecepatan terbang rata-rata wahana pesawat UAV saat terbang dengan mode *autopilot* mengikuti *waypoint* adalah 12 km/jam.

5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menambahkan logistik pada wahana UAV dan logistik dijatuhkan di titik koordinat yang ditentukan.
2. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan membuat wahana UAV *fixed wings hybrid* dengan *takeoff* dan *landing* secara *Vertical Takeoff and Landing* (VTOL) agar pesawat UAV dapat mendarat di lahan yang terbatas.

3. Penelitian selanjutnya, UAV dapat dikembangkan dengan menggunakan *solar panel* pada sayap UAV sebagai *Boost Converter Charging* Baterai UAV dengan menggunakan tenaga surya yang dapat menambah durasi terbang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Elijah, T., R.S. Jamisola Jr., Z. Tjiparuro, and M. Namoshe, "A Review on Control and Maneuvering of Cooperative Fixed-Wing Drones," *International Journal of Dynamics and Control*, vol. 9, pp. 1332-1349, 2021, doi: 10.1007/s40435-020-00710-2.

International Journal of Dynamics and Control (2021) 9:1332–1349
https://doi.org/10.1007/s40435-020-00710-2



A review on control and maneuvering of cooperative fixed-wing drones

Thato Elijah¹ · Rodrigo S. Jamisola Jr.¹ · Zeundjua Tjiparuro¹ · Molaletsa Namoshe¹

Received: 1 September 2020 / Revised: 25 September 2020 / Accepted: 1 October 2020 / Published online: 3 November 2020
© Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2020

- [2] Mardiyanto, R., M.I. Salik, and D. Purwanto, "Autopilot Pesawat Tanpa Awak Menggunakan Algoritme Genetika untuk Menghilangkan Blank Spot," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, vol. 11, no. 1, 2022.

ID-70

Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi | Vol. 11, No. 1, Februari 2022

Autopilot Pesawat Tanpa Awak Menggunakan Algoritme Genetika untuk Menghilangkan Blank Spot

Ronny Mardiyanto¹, Muhammad Ichlasul Salik², Djoko Purwanto³

- [3] Atmasari, N., E.B. Jayanti, N.M. Ula, M.L. Ramadiansyah, R.A. Ramadhan, P.A.P. Suseno, A. Rizaldi, K. Hidayat, and A. Septiyana, "Analisis Penentuan Power Loading pada Desain Awal Pesawat Terbang Tanpa Awak Lsu-05 Ng (Analysis Of Power Loading Determination In The Initial Design Of Unmanned Aircraft Lsu-05 Ng)," *Jurnal Teknologi Dirgantara*, vol. 17, no. 2, pp. 109–122, 2019.

Jurnal Teknologi Dirgantara Vol.17 No.2 Desember 2019 : hal 109-122

ANALISIS PENENTUAN *POWER LOADING* PADA DESAIN AWAL PESAWAT TERBANG TANPA AWAK LSU-05 NG (ANALYSIS OF POWER LOADING DETERMINATION IN THE INITIAL DESIGN OF UNMANNED AIRCRAFT LSU-05 NG)

Novita Atmasari¹, Eries Bagita Jayanti, Nur Mufidatul Ula, M. Luthfi Ramadiansyah, Redha Akbar Ramadhan, Prasetyo Ardi Probo Suseno, Ardian Rizaldi, Kurnia Hidayat, Angga Septiyana

Pusat Teknologi Penerbangan – LAPAN

¹e-mail: novita.atmasari@lapan.go.id

- [4] Febrian, J., and Y. Huda, “Rancang Bangun Sistem Kontrol Penyemprotan Cairan Pestisida Otomatis Menggunakan Drone UAV Hexacopter,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 8, no. 2, pp. 10423–10437, 2024.

SSN: 2614-6754 (print)
ISSN: 2614-3097(online)

Halaman 10423-10437
Volume 8 Nomor 2 Tahun 2024

**Rancang Bangun Sistem Kontrol Penyemprotan Cairan
Pestisida Otomatis Menggunakan Drone UAV Hexacopter**

Jamil Febrian¹, Yasdinul Huda²

¹Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
²Departemen Teknik Elektronika Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang
e-mail: jamilfebrian68@gmail.com

Jurnal Pendidikan Tambusai 10423

- [5] Stecz, W., and K. Gromada, “UAV Mission Planning With SAR Application,” *Sensors*, vol. 20, issue 4, Feb. 2020, doi: 10.3390/s20041080.



Article

UAV Mission Planning with SAR Application

Wojciech Stecz^{1,2,*} and Krzysztof Gromada²

¹ Faculty of Cybernetics, Military University of Technology, 00-908 Warsaw, Poland

² PIT-RADWAR, 04-051 Warsaw, Poland; Krzysztof.Gromada@pitradwar.com

* Correspondence: Wojciech.Stecz@pitradwar.com

Received: 27 December 2019; Accepted: 13 February 2020; Published: 17 February 2020



Sensors **2020**, *20*, 1080; doi:10.3390/s20041080

www.mdpi.com/journal/sensors

Journals / Sensors / Volume 20 / Issue 4 / 10.3390/s20041080

- [6] Prakoso, A., A. Pambekti., C.S. Budiono., I. Lukito., R. Kurniawan., and S.D.S. Vong, “Perancangan dan Analisis Karakteristik Aerodinamik pada Pesawat Fix Wing VTOL UAV,” *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 15, no. 1, p. 1, May 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i1.1373.



Angkasa Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi

ISSN : 2085-9503 (Print)

ISSN : 2581-1355 (On Line)

Accredited Fourth Grade by Kemenristekdikti, Decree No: 148/M/KPT/2020

DOI : 10.28989/angkasa.v15i1.1373

**Perancangan dan Analisis Karakteristik Aerodinamik
Pada Pesawat Fix Wing VTOL UAV**

Agung Prakoso^{1,*}, Arif Pambekti², C. Sukaca Budiono³, Indro Lukito⁴, Riski Kurniawan⁵, Simplicio Doutel Sarmento Vong⁶

^{1,2,3,4,5}Program Studi Aeronautika, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

⁶Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

- [7] Dündar, Ö., M. Bilici, and T. Ünler, “Design and performance analyses of a fixed wing battery VTOL UAV,” *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 23, no. 5, pp. 1182–1193, 2020, doi: 10.1016/j.jestch.2020.02.002.

Engineering Science and Technology, an International Journal 23 (2020) 1182–1193



Contents lists available at ScienceDirect
Engineering Science and Technology,
 an International Journal
 journal homepage: www.elsevier.com/locate/jestch



Full Length Article

Design and performance analyses of a fixed wing battery VTOL UAV

Özgür Dündar, Mesut Bilici*, Tank Ünler

Necmettin Erbakan University, Faculty of Aeronautics and Aerospace, Aerospace Engineering Department, 42090 Meram, Konya, Turkey



- [8] Qi, N., M. Wang., W.J. Wang., T.A. Tsiftsis., R. Yao., and G. Yang, “Energy Efficient Full-Duplex UAV Relaying Networks under Load-Carry-and-Delivery Scheme,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 74349–74358, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2986349.

IEEE Access
 Multidisciplinary | Rapid Review | Open Access Journal

Received February 13, 2020, accepted March 29, 2020, date of publication April 7, 2020, date of current version May 1, 2020.
 Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2020.2986349

Energy Efficient Full-Duplex UAV Relaying Networks Under Load-Carry-and-Delivery Scheme

NAN QI^①, (Member, IEEE), MEI WANG¹, WEN-JING WANG^②, (Member, IEEE), THEODOROS A. TSIFTSIS^{③,4}, (Senior Member, IEEE), RUGUI YAO^⑤, (Senior Member, IEEE), AND GUANGHUA YANG^{③,4}, (Senior Member, IEEE)

¹Key Laboratory of Dynamic Cognitive System of Electromagnetic Spectrum Space, Ministry of Industry and Information Technology, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China

²School of Communication and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China

³Institute of Physical Internet, Jinan University, Zhubai 519070, China

⁴School of Intelligent Systems Science and Engineering, Jinan University, Zhubai 519070, China

⁵School of Electronics and Information, Northwestern Polytechnical University, China

Corresponding author: Wen-Jing Wang (wjing@uvic.ca)

This work was supported in part by the National Natural Science Foundation of China under Grant 61801218 and Grant 61871327, in part by the Open Foundation for Graduate Innovation of NUAA under Grant kfj20190417, in part by the Natural Science Foundation of

Activate Windows
 Go to Settings to

VOLUME 8, 2020 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 License. For more information, see <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

74349

- [9] Adawy, M.E., E.H. Abdelhalim., M. Mahmoud., M.A.A. Zeid., I.H. Mohamed., M.M. Othman., G.S. ElGamal., Y.H. ElShabasy, “Design and Fabrication of a Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV),” *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 9, 2023, doi: 10.1016/j.asej.2022.102094.

Ain Shams Engineering Journal 14 (2023) 102094



Design and fabrication of a fixed-wing Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Mohammed El Adawy*, Elhassan H. Abdelhalim, Mohannad Mahmoud,
Mohamed Ahmed Abo zeid, Ibrahim H. Mohamed, Mostafa M. Othman,
Gehad S. ElGamal, Yahia H. ElShabasy

Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alex 21544, Egypt



- [10] Bornebusch, M.F.,. and T.A. Johansen, “Autonomous Recovery of a Fixed-Wing UAV Using a Line Suspended between Two Multirotor UAVs,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, vol. 57, issue 1, pp. 90–104, 2021, doi: 10.1109/TAES.2020.3009509.

This article has been accepted for publication in a future issue of this journal, but has not been fully edited. Content may change prior to final publication. Citation information: DOI 10.1109/TAES.2020.3009509, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems

1

Autonomous recovery of a Fixed-wing UAV Using a Line Suspended Between Two Multirotor UAVs

Mads Friis Bornebusch*, Tor Arne Johansen*

*Centre for Autonomous Marine Operations and Systems (AMOS), Department of Engineering Cybernetics,
Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 7491, Norway

Published in: *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems* (Volume: 57 , Issue: 1, February 2021)

- [11] Joni, K., F. Mardiansyah., R. Alfita., Harianto., and Adi, “Perancangan Sistem Autonomous Drone Quadcopter Dengan Menggunakan Metode Waypoint,” *ALINIER JURNAL*, vol. 2, no. 2, 2021, [Online]. Available: www.elektro.itn.ac.id



Perancangan Sistem Autonomous Drone Quadcopter Dengan Menggunakan Metode Waypoint

Koko Joni*, Firman Mardiansyah, Riza Alfita, Harianto, Adi

Teknik Elektro Universitas Trunojoyo Madura, Jalan Raya Telang, Kabupaten Bangkalan 69162, Indonesia

*jonik97@gmail.com

- [12] Ilham, K., and R. Mukhaiyar, “Pergerakan Autonomous Pesawat Tanpa Awak Berdasarkan Tinggi Terbang Pesawat,” *Ranah Research Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 3, no. 3, pp. 154–165, 2021, doi: 10.38035/rrj.v3i3.

<https://jurnal.ranahresearch.com/index.php/R2J>

Vol. 3, No. 3, Mei, 2021

E-ISSN: 2655-0865

DOI: <https://doi.org/10.38035/rrj.v3i3>

Received: 5 April 2021, Revised: 11 Mei 2021, Publish: 12 Mei 2021

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Ranah Research :
Journal of Multidisciplinary Research and Development

+62 821-7074-3613 | ranahresearch@gmail.com | <https://jurnal.ranahresearch.com/>



Pergerakan Autonomous Pesawat Tanpa Awak Berdasarkan Tinggi Terbang Pesawat

Kurniadi Ilham¹, Riki Mukhaiyar²

¹ Universitas Negeri Padang, Indonesia, kurniadiilham14@gmail.com

² Universitas Negeri Padang, Indonesia, riki.mukhaiyar@yahoo.co.uk

- [13] Broto, P.E., “Rancang Bangun Rover Berpenggerak Brushless dengan Kontroler Pixhawk Menggunakan Joystick,” *jurnal Fokus Elektroda*, vol. 08, no. 2, pp. 110–115, 2023, [Online]. Available: <https://elektroda.uho.ac.id/>

Rancang Bangun Rover Berpenggerak Brushless dengan Kontroler Pixhawk menggunakan Joystick

Prasepvianto Estu Broto¹

¹ Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Copresent Author : prasepvianto@uin-alauddin.ac.id

- [14] Chung, P.H., D.M. Ma., and J.K. Shiau, "Design, Manufacturing, and Flight Testing of an Experimental Flying Wing UAV," *Applied Sciences*, MDPI, vol. 9, no. 15, 2019, doi: 10.3390/app9153043.



Article

Design, Manufacturing, and Flight Testing of an Experimental Flying Wing UAV

Pei-Hsiang Chung¹, Der-Ming Ma² and Jaw-Kuen Shiau^{2,*}

¹ Department of Mechanical and Electro-Mechanical Engineering, Tamkang University, New Taipei City 25137, Taiwan

² Department of Aerospace Engineering, Tamkang University, New Taipei City 25137, Taiwan

* Correspondence: shiauj@mail.tku.edu.tw; Tel.: +886-2-2621-5656 (ext. 3318)

Received: 30 April 2019; Accepted: 25 July 2019; Published: 28 July 2019



Appl. Sci. **2019**, *9*, 3043; doi:10.3390/app9153043

www.mdpi.com/journal/applsci

- [15] Subekti, I.R., and I.N. Rifai, "Modifikasi Motor Brushless Berbasis Lilitan pada Sistem Propulsi untuk Meningkatkan Performa Terbang Unmanned Aerial Vehicle," *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan*, vol. 5, no. 1, 2024.

24

Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan, Vol. 5, No. 1, April 2024

Modifikasi Motor *Brushless* Berbasis Lilitan pada Sistem Propulsi untuk Meningkatkan Performa Terbang *Unmanned Aerial Vehicle*

Ilham Riska Subekti¹, Isnan Nur Rifai^{1,*}

¹Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Gadjah Mada; Ilham.riska.subekti@mail.ugm.ac.id,

*Korespondensi: isnan.nur@ugm.ac.id

- [16] Iswandi., A.R. Suryamanggala., D. Wicaksono., and E.S. Rahayu, "Design and Comparative Study Among Antennas of GCS for Telemetry Communication System of UAV," *IJITEE*, vol. 3, no. 4, 2019.

Design and Comparative Study Among Antennas of GCS for Telemetry Communication System of UAV

Iswandi¹, Aria Rangga Suryamangala¹, Dewanto Wicaksono¹, Eny Sukani Rahayu¹

- [17] Anonim, “Peraturan Menteri Perhubungan Nomor Pm37 Tahun 2020 Tentang Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia.” Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta, 2020.



MENTERI PERHUBUNGAN
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA

NOMOR PM 37 TAHUN 2020

TENTANG

PENGOPERASIAN PESAWAT UDARA TANPA AWAK
DI RUANG UDARA YANG DILAYANI INDONESIA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : a. bahwa berdasarkan Pasal 308 Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan, Menteri bertanggung jawab terhadap keselamatan penerbangan nasional, telah ditetapkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 180 Tahun 2015 tentang Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia sebagaimana diubah dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 47 Tahun 2016 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 180 Tahun 2015 tentang Pengendalian Pengoperasian Sistem Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang

☰ METADATA PERATURAN

Tipe Dokumen	Peraturan Perundang-undangan
Judul	Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 37 Tahun 2020 tentang Pengoperasian Pesawat Udara Tanpa Awak di Ruang Udara yang Dilayani Indonesia
T.E.U.	Indonesia, Kementerian Perhubungan
Nomor	37
Bentuk	Peraturan Menteri Perhubungan
Bentuk Singkat	Permenhub
Tahun	2020
Tempat Penetapan	Jakarta
Tanggal Penetapan	02 Juni 2020
Tanggal Pengundangan	08 Juni 2020
Tanggal Berlaku	08 Juni 2020
Sumber	BN.2020/No.579, jdih.dephub.go.id : 7 hlm.
Subjek	TERITORIAL INDONESIA - TRANSPORTASI DARAT/LAUT/UDARA - PERTAHANAN DAN KEAMANAN, MILITER
Status	Berlaku

- [18] Prayogo, I.P.H., F.J. Manoppo., and L.I.R. Lefrandt, “Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP),” *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 57–58, May 2020.

Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.10 No.1, Mei 2020 (47-58), ISSN: 2087-9334

PEMANFAATAN TEKNOLOGI UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) QUADCOPTER DALAM PEMETAAN DIGITAL (FOTOGRAMETRI) MENGUNAKAN KERANGKA GROUND CONTROL POINT (GCP)

I Putu Harianja Prayogo¹⁾, Fabian J. Manoppo²⁾, Lucia I. R. Lefrandt²⁾

¹⁾ Mahasiswa Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Unsrat Manado

²⁾ Staf Pengajar Prodi Teknik Sipil Pascasarjana Unsrat Manado
email: putu.prayogo@yahoo.com

- [19] Prakoso, A., A. Pambekti, C.S. Budiono, I. Lukito, R. Kurniawan., and S.D.S. Vong, “Perancangan dan Analisis Karakteristik Aerodinamik pada Pesawat Fix Wing VTOL UAV,” *Angkasa: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, vol. 15, no. 1, p. 1, 2023, doi: 10.28989/angkasa.v15i1.1373.



Angkasa Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi

ISSN : 2085-9503 (Print)

ISSN : 2581-1355 (On Line)

Accredited Fourth Grade by Kemenristekdikti, Decree No: 148/M/KPT/2020

DOI : 10.28989/angkasa.v15i1.1373

Perancangan dan Analisis Karakteristik Aerodinamik Pada Pesawat Fix Wing VTOL UAV

Agung Prakoso^{1*}, Arif Pambekti², C. Sukaca Budiono³, Indro Lukito⁴, Riski Kurniawan⁵, Simplicio Doutel Sarmento Vong⁶

^{1,2,3,4,5}Program Studi Aeronautika, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

⁶Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Yogyakarta

3

Vol. 15, No. 1, May 2023

- [20] Palaha, F., J. Teles., and Yolnasdi, “ANALISA RANCANGAN KESEIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR IMU TYPE-MPU6050 PADA QUADCOPTER,” *SAINSTEK*, vol. 8, no. 2, 2020.

JURNAL SAINSTEK STT PEKANBARU - VOL. 08 No. 02 (2020)



Terbit online pada laman web jurnal : <http://jurnal.sttp-yds.ac.id>

SAINSTEK
(e-Journal)

| ISSN (Print) 2337-6910 | ISSN (Online) 2460-1039 |



Klik di sini dan tuliskan Kategori Artikel

ANALISA RANCANGAN KESEIMBANGAN MENGGUNAKAN SENSOR IMU TYPE – MPU6050 PADA QUADCOPTER

Fadhli Palaha¹, Jamar Teles², Yolnasdi³

¹ Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara, No.4, Pekanbaru, Indonesia

² Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara, No.4, Pekanbaru, Indonesia

³ Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Jl. Dirgantara, No.4, Pekanbaru, Indonesia

- [21] Soedjarwanto, N., M.A. Muda, E. Komalasari., and V. Jauhari, “Rancang Bangun Boost Converter Untuk Charging Baterai UAV Bertenaga Surya,” *ELECTRICIAN - Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 13, no. 3, 2019, doi: <https://doi.org/10.23960/elc.v13n3.2129>.

Rancang Bangun *Boost Converter* Untuk *Charging* Baterai *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Bertenaga Surya

Noer Soedjarwanto¹, Mona Arif Muda², Endah Komalasari³, Valentin Jauhari⁴

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145
noersoedjarwanto@gmail.com

Volume 13, No. 3, September 2019

- [22] Muliady., and E.J. Subagya, “Sistem Pemetaan Udara Menggunakan Pesawat Fixed Wing,” *TESLA*, vol. 21, no. 1, 2019.

TESLA | VOL. 21 | NO. 1 | MARET 2019 |

Sistem Pemetaan Udara Menggunakan Pesawat Fixed Wing

Muliady¹, Ezra Julio Subagya¹

ABSTRACT: Generally aerial mapping mission is a high cost operation and require an aircraft that must be controlled by a reliable pilot. In an effort to solve the problem. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) technology becomes one of the solutions, due to consideration of operational costs, accident risk, and flight preparation time.

This research shows an aerial mapping system using a fixed wing glider plane characteristics UAV built from polyfoam, balsa wood, and carbon fiber. The shape of the wing airfoil is flat-bottomed and the wing's position is top wing. The UAV motion controllers are ailerons, elevators, rudders driven by servo motors. Use the flight controller to allow aircraft to fly automatically. The altitude, speed, and position of the aircraft can be monitored via telemetry connected to the flight controller and a laptop. The aerial mapping method implemented is photogrammetric. The UAV will fly to the area to be mapped and do a sequential photo shoot until the entire area is covered. All photo data will be processed to become a territorial map. Using mission planner software for UAV programming and PIX4D software for image data processing. The UAV has been tested to air automatically following the programmed lanes. The flight controller can trigger the camera automatically at the pre-programmed position. Testing of map quality results was obtained by experimental flight of 100m, 125m, and 150m with a cruising speed of 12m /s. The best map result is from a height of 100m with a cruising speed of 12 m / s aircraft.

KEYWORDS: Aerial mapping system, UAV fixed wing, PIX4D

LAMPIRAN

LAMPIRAN A BERAT UAV



Berat ESC 83 gram



Berat Propeller 19 gram



Berat rx R88 11 gram



Berat Motor Brushless 168 gram



Berat *Power* Modul 25 gram



Berat GPS 32 gram



Berat Telemetry 23 gram



Berat Pixhawk 42 gram



Berat KIT UAV 1711gram



Total Berat All up weigh UAV 2683 g



Berat Baterai UAV 744 gram

LAMPIRAN B PENGUKURAN UAV



Panjang UAV 155cm



Panjang *Fuselage* 80 cm



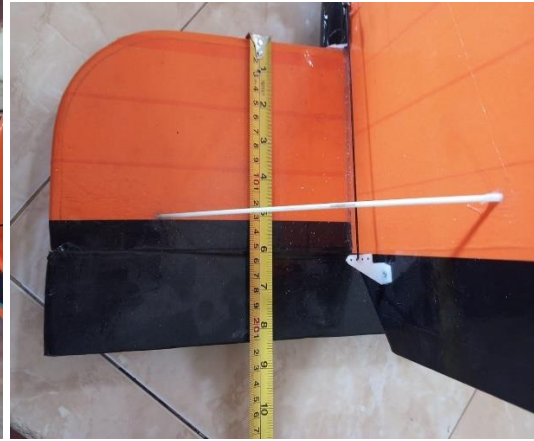
Tinggi *Fuselage* 20cm



Lebar *Fuselage* 14cm



Panjang Tailboom 52cm



Lebar *Horizontal Stabilizer* 20cm



Lebar *Horizontal Stabilizer* 45cm



Tinggi *Vertical Stabilizer* 24cm



Panjang *Vertical Stabilizer* 23 cm



Panjang *Wingspan* 200cm



Panjang *Half Wingspan* 100cm



Panjang *Aileron* 40 cm

LAMPIRAN C PENGUJIAN ELEKTRIK



Servo Aileron Roll Ke Kanan



Servo Aileron Roll ke Kiri



Servo Elevator Down



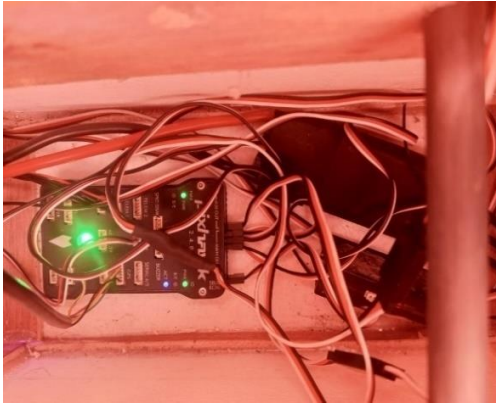
Servo Elevator Up



Servo Rudder ke Kiri



Servo Rudder ke Kanan



Pixhawk Terpasang di UAV



Brushless Motor Berfungsi

LAMPIRAN D PREFLIGHT CEKLIST

No.	<i>Preflight Checklist</i>
1	Pastikan Pixhawk terpasang kuat di <i>fuselage</i> wahana
2	Pastikan kabel <i>aileron</i> , <i>elevon</i> , <i>throttle</i> dan <i>rudder</i> terpasang pada pin out 1,2,3,4, di pixhawk.
3	Pastikan <i>Rx</i> terpasang di Pixhawk pada pin RC In.
4	Pastikan GPS dan Telemetri, tombol switch terpasang pada Pixhawk.
5	Masukan baterai pada tempat baterai yang sudah ditempel perekat <i>velcro</i>
6	Pastikan motor dan <i>propeller</i> terpasang dengan aman, dan kuat tidak goyang ataupun kendur.
7	Pastikan semua kawat <i>pushrod</i> terpasang dengan aman di <i>aileron</i> , <i>elevon</i> dan <i>rudder</i> .
8	Pasang sayap pada <i>fuselage</i> wahana dan pastikan aman.
9	Cek <i>Center of Gravity</i> (CG) pastikan sudah pas.
10	Sambungkan baterai ke <i>power module</i> atau ESC
11	Buka aplikasi <i>Mission Planner</i> dan pastikan wahana terhubung dengan GCS.
12	Nyalakan remot <i>transmitter</i> pastikan remot terhubung dengan <i>rx</i> di wahana UAV.
13	Pastikan <i>switch flight mode</i> pada transmitter berfungsi
14	Pastikan <i>aileron</i> , <i>elevator</i> , motor dan <i>rudder</i> dapat berfungsi dan bergerak dengan menggunakan radio kendali.
15	Membuat <i>waypoint</i> di aplikasi <i>Mission Planner</i> dan upload <i>waypoint</i> ke Pixhawk
16	Pastikan <i>arming</i> dan <i>disarming</i> wahana pesawat tanpa awak dapat berfungsi
17.	Wahana siap terbang

LAMPIRAN E PERHITUNGAN

1. Menghitung Luas Sayap

$$\text{Wing Area} = \text{Wingspan} \times \text{Wingchord}$$

$$\begin{aligned}\text{Wing Area} &= 200 \times 30 \\ &= 6000\text{cm}^2 \\ &= 60\text{dm}^2\end{aligned}$$

2. Menghitung *Wing Loading*

$$\text{Wing loading} = \frac{\text{Total Berat Pesawat}}{\text{Luas Sayap}}$$

$$\begin{aligned}\text{Wing loading} &= \frac{2700}{60} \\ &= 45\text{gr/dm}^2\end{aligned}$$

3. Mencari CG yang digunakan

$$\text{Center Grafity (CG)} = 30\% \times \text{Wingchord}$$

$$\begin{aligned}\text{CG} &= 30\% \times 30 \\ &= 7,5 \text{ cm dari leading edge chord.}\end{aligned}$$

4. *Power Loading*

$$\text{Sport / Scale } 0,2 - 0,25 \text{ Watt/gram}$$

5. *Power Motor*

$$\text{Power Motor} = \text{Power Loading} \times \text{All Unit Weight}$$

$$\begin{aligned}\text{Power Motor} &= 0,25 \times 2700 \\ &= 675 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Untuk mencari aman *Brushless motor* yang akan digunakan di bulatkan memiliki maksimal daya 700Watt. Motor Sunnysky 2820 800kv yang digunakan memiliki daya maksimum.

6. Maksimal Arus Motor.

$$\text{Maksimal Arus Motor} = \frac{\text{Daya Motor}}{\text{Tegangan}}$$

$$\begin{aligned}\text{Maksimal Arus Motor} &= 700\text{Watt}/14,8\text{V} \\ &= 47,25\text{A}\end{aligned}$$

7. Perhitungan RPM Motor

$$\begin{aligned} \text{Putaran Motor (RPM)} &= \text{Tegangan} \times \text{KV Motor} \\ \text{RPM} &= 14,8 \times 800 \\ &= 11.840 \text{ RPM} \end{aligned}$$

8. Ukuran ESC yang digunakan.

$$\begin{aligned} \text{ESC} &= \text{Maksimal Arus Motor} \times 125\% \\ \text{ESC} &= 47,25 \times 125\% \\ &= 60 \text{ A} \end{aligned}$$

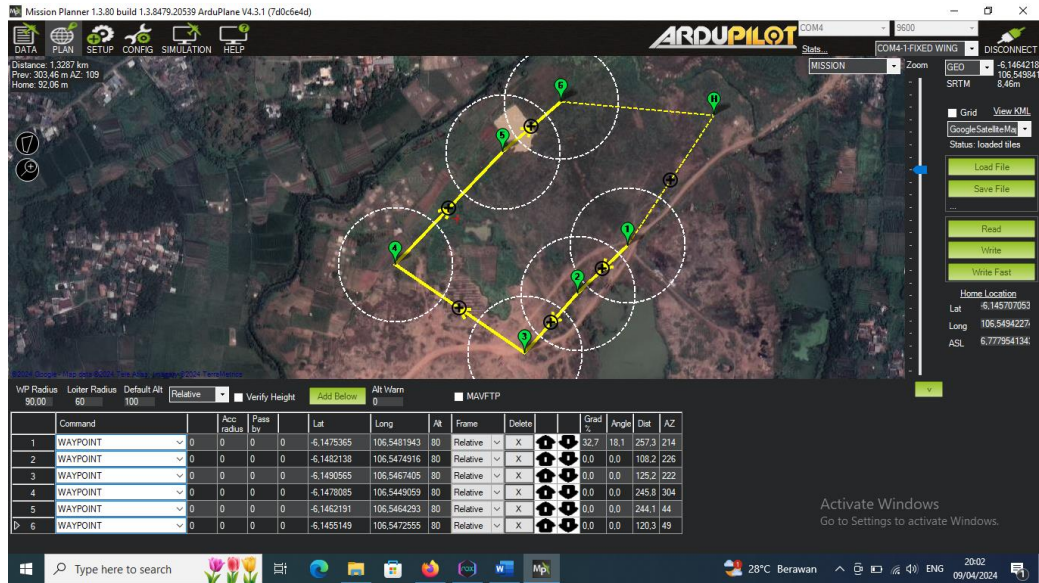
9. Mencari Arus dan Daya yang keluar dari baterai.

Baterai yang digunakan 4S dengan kapasitas 3500 Mah 50C.

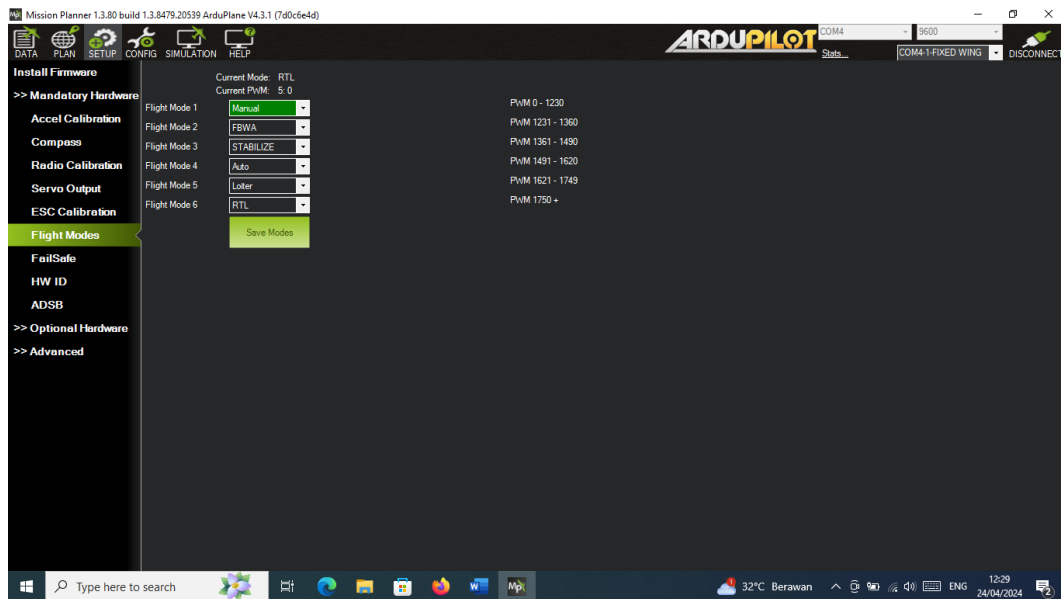
$$\begin{aligned} \text{Arus Baterai} &= \text{Kapasitas Baterai} \times C / 1000 \\ &= 3500 \times 50/1000 \\ &= 175\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya Baterai} &= \text{Tegangan} \times \text{Arus} \\ &= 14.8 \times 175 \\ &= 2590 \text{ Watt} \end{aligned}$$

LAMPIRAN F MISSION PLANNER



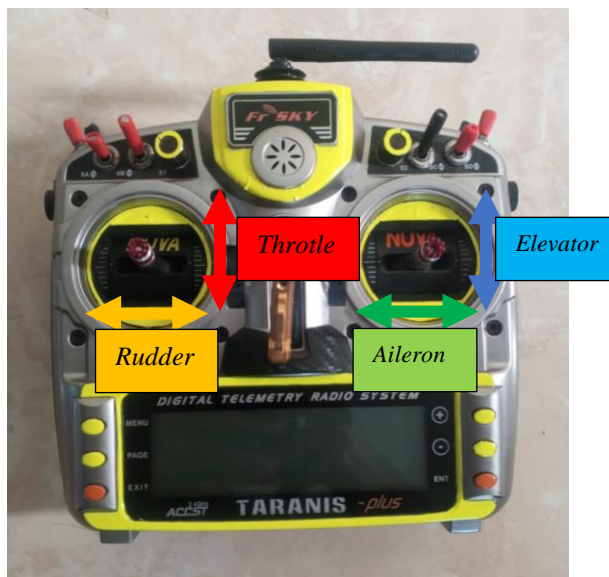
Konfigurasi Waypoint UAV



Konfigurasi Flight Mode UAV

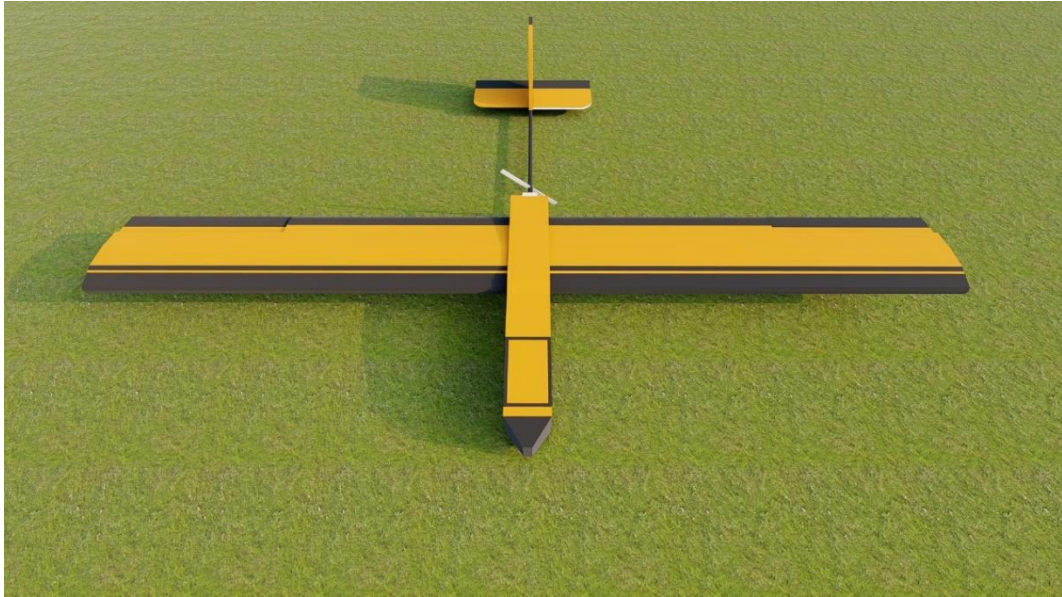


Kalibrasi Radio Kendali



Radio Kendali Pada UAV

LAMPIRAN G DESAIN 3D UAV

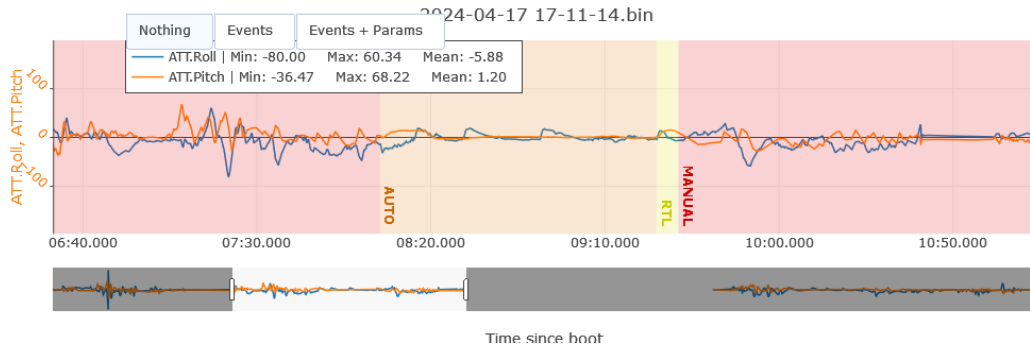


Desain 3D Wahana UAV

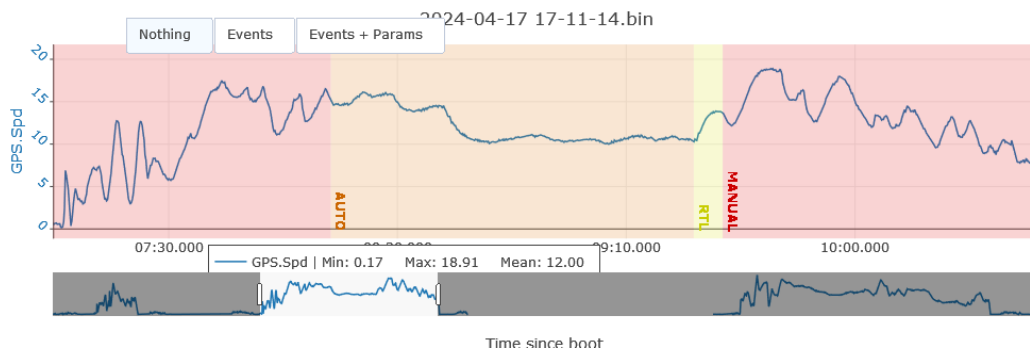


Desain 3D Pesawat UAV

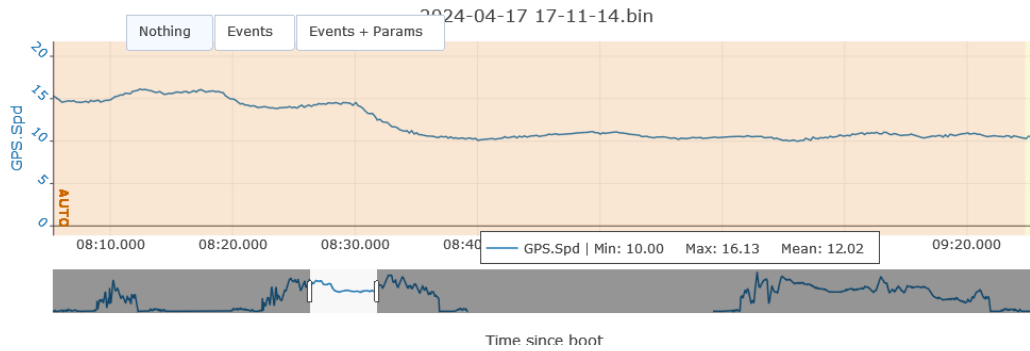
LAMPIRAN H LOG TERBANG



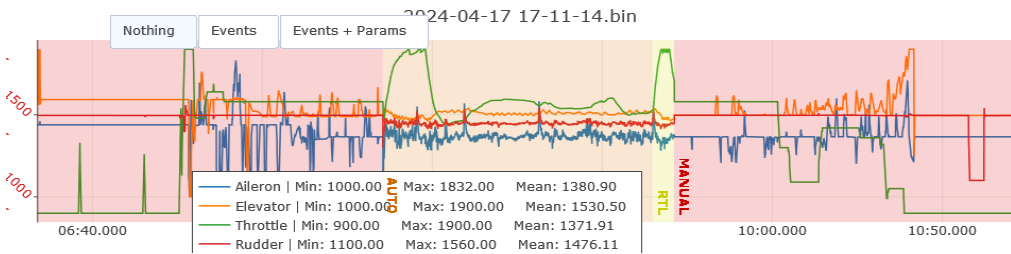
Grafik Roll dan Pitch UAV



Kecepatan UAV



Grafik Kecepatan UAV Mode Autopilot



Grafik PWM aileron, elevon, throtle, rudder (AETR)