

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.

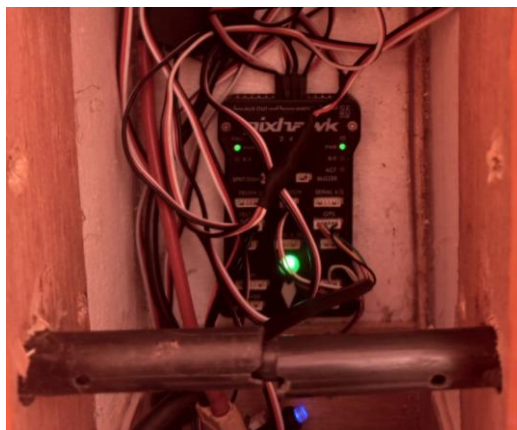
Tabel 4. 1 Hasil Spesifikasi Wahana *Fixed Wings*

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*

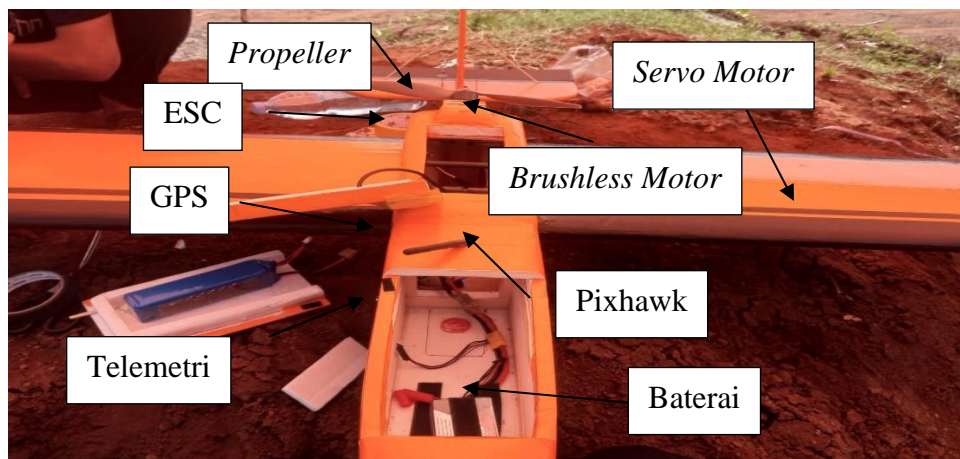
dapat berfungsi dengan baik dan sesuai. Komponen elektrik dapat berfungsi dengan baik terdapat pada Lampiran C.

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

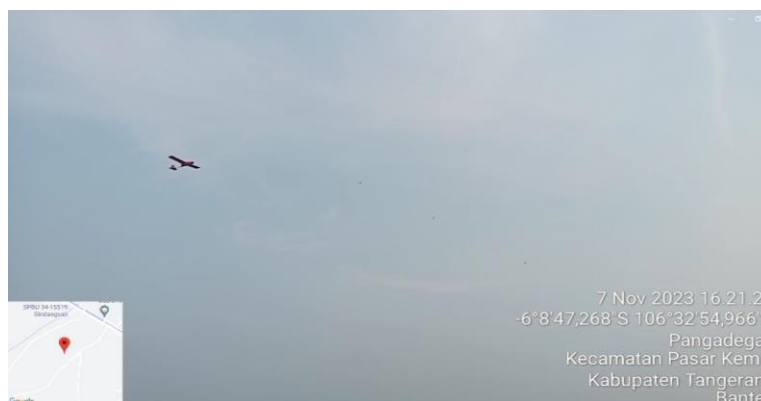
Gambar 4.5 menjelaskan persiapan terbang wahana dengan seorang berdiri membawa wahana pesawat tanpa awak (UAV) yang dipegang oleh tangan, dan seorang yang menjadi pilot memegang radio kendali untuk mengendalikan wahana pesawat tanpa awak. Proses *takeoff* wahana pesawat tanpa awak (UAV) dilakukan dengan 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.

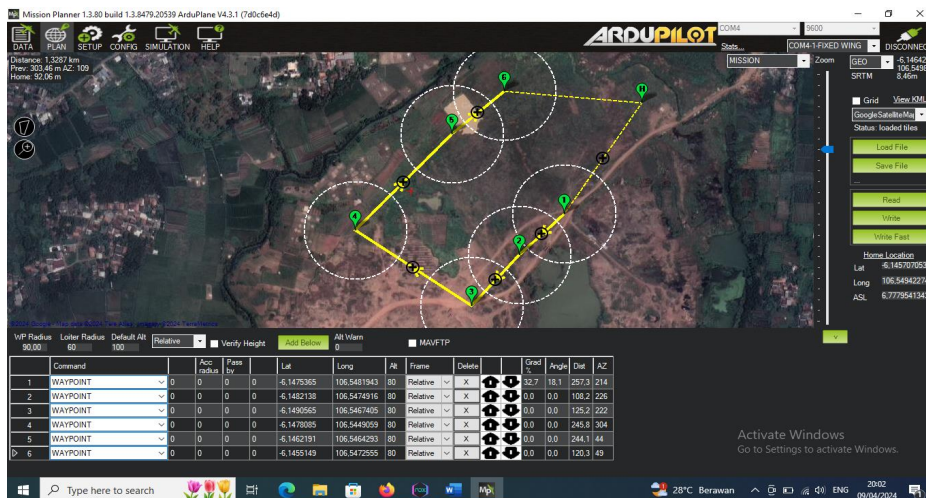


Gambar 4.8 Wahana UAV *Landing*

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.

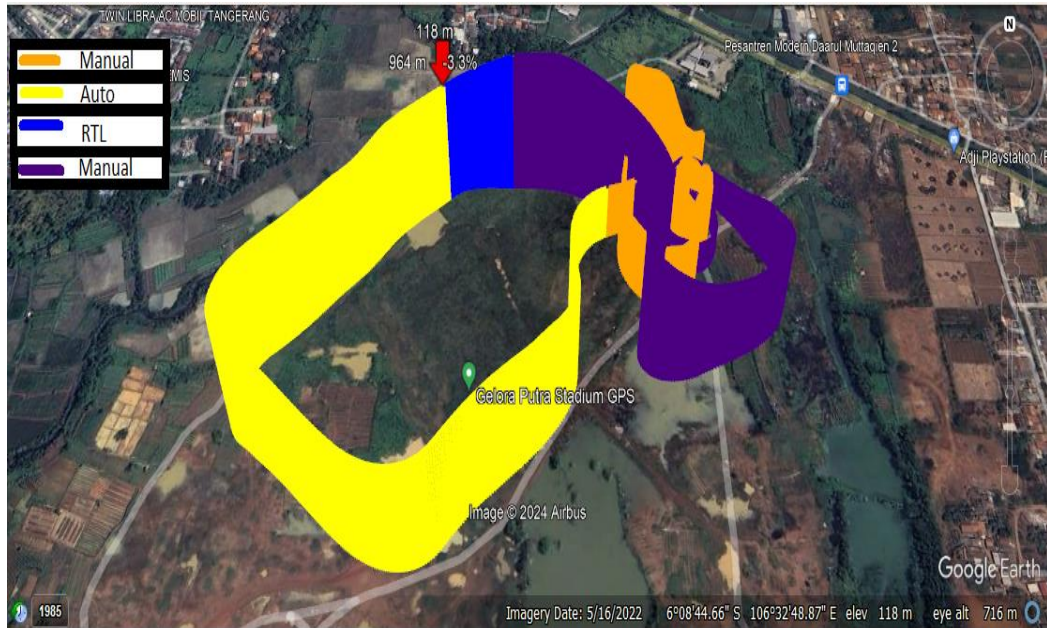


Gambar 4.15 UAV Menuju Waypoint 6

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.

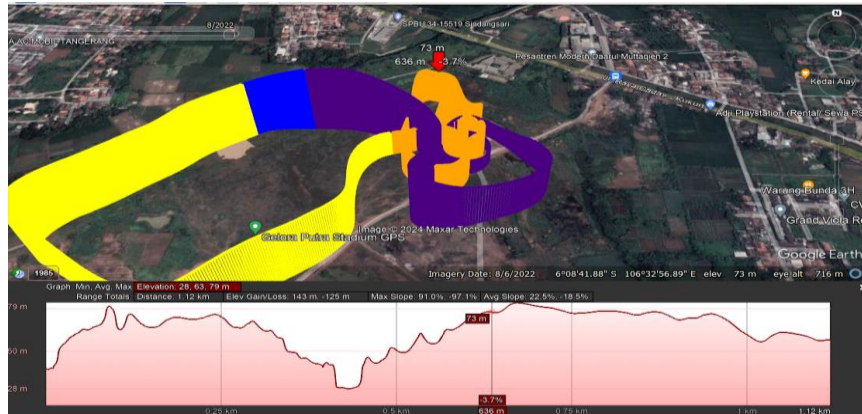
4.4 Analisis Log Terbang UAV

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.



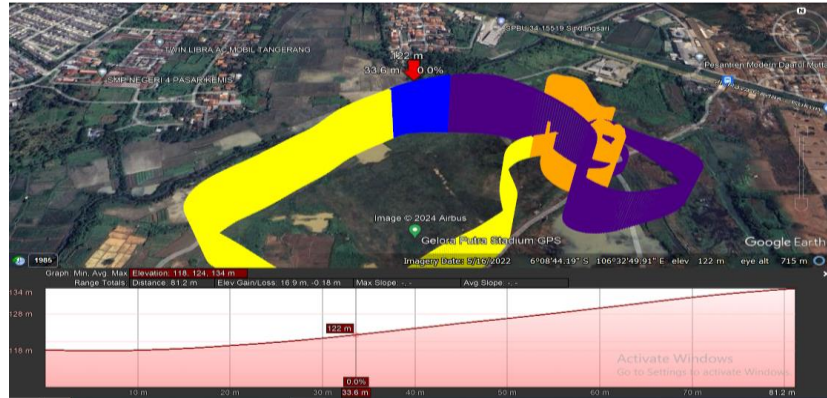
Gambar 4.17 Grafik Ketinggian UAV Penerbangan Manual

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.



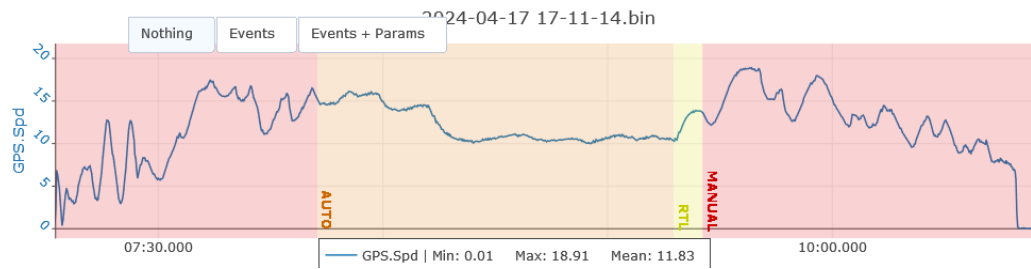
Gambar 4.19 Grafik Ketinggian UAV Mode RTL

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.



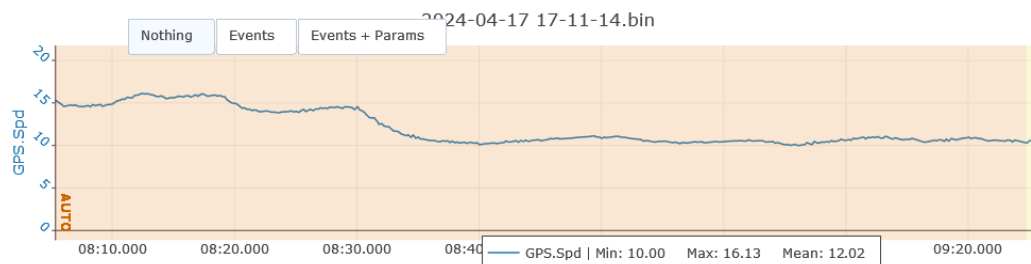
Gambar 4.20 Grafik Ketinggian UAV Mode Manual

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.



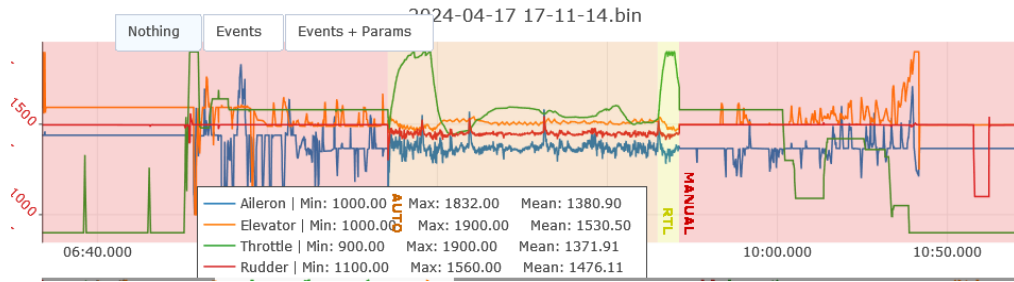
Gambar 4.21 Grafik Kecepatan UAV

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



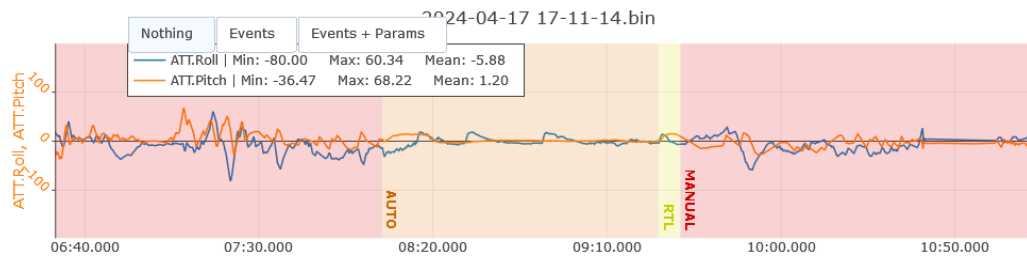
Gambar 4.22 Grafik Kecepatan UAV Mode *Autopilot*

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.