

Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot

Hardy Samuel Saroinsong, Vecky C. Poekoel, Pinrolinvic D.K Manembu
Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
hsaroinsong@gmail.com, vecky.poekoel@unsrat.ac.id, pmanembu@gmail.com

Abstract — UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) is a term used to represent flying objects with their own power supply that can be controlled remotely using remote control from outside the aircraft or can move automatically based on programs already embedded in the computer system. This system used manual and autopilot controls. In manual mode the user manually controls the movement of the aircraft through the radio controller while in the airplane autopilot mode controlled by microcontroller Ardupilot Mega 2.8 that processes the data sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) in which there are gyroscope and accelerometer, GPS and barometric altimeter so that it can fly in automatically with corresponding waypoint GPS entered. The form of the UAV is very light, small, and only made of styrofoam so as to make the UAV vulnerable to wind and rain disturbances that often cause the plane when in the air becomes unstable. In this final project, be designed UAV with fixed wing type. The design of this UAV control system uses ardupilot control with mission planner application, with the aim of controlling and designing the flight path on the plane so that the aircraft can fly in Autopilot Mode (automatic mode) that can be manually activated from the Fs-i6 remote control.

Keywords — *Autopilot, Fixed wing, Unmanned Aerial Vehicle, waypoint*

Abstrak — UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan istilah yang digunakan untuk merepresentasikan benda terbang dengan suplay daya sendiri yang bisa dikendalikan dari jarak jauh menggunakan *remote control* dari luar pesawat atau dapat bergerak secara otomatis berdasarkan program yang sudah ditanamkan pada sistem komputernya. Sistem ini menggunakan kontrol manual dan *autopilot*, Pada *mode* manual pengguna secara manual mengendalikan pergerakan pesawat melalui radio kontroler sedangkan pada *mode autopilot* pesawat dikendalikan oleh mikrokontroler Ardupilot Mega 2.8 yang mengolah data-data sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) yang didalamnya terdapat *gyroscope* dan *accelerometer*, GPS dan *barometric altimeter* sehingga dapat terbang secara otomatis dengan sesuai *waypoint* GPS yang dimasukkan. Bentuk dari UAV pun sangat ringan, kecil, dan hanya terbuat dari styrofoam sehingga membuat UAV rentan terhadap gangguan angin maupun hujan yang sering menyebabkan pesawat saat di udara menjadi tidak stabil. Pada tugas akhir ini, dirancang UAV dengan tipe *fixed wing*. Perancangan sistem kontrol UAV ini menggunakan kontrol *ardupilot* dengan aplikasi *mission planner*, dengan tujuan mengontrol dan merancang jalur penerbangan pada pesawat sehingga pesawat tersebut dapat terbang dengan *Mode Autopilot* (*mode* otomatis) diaktifkan secara manual dari *remote control* Fs-i6.

Kata kunci — *Autopilot, Fixed wing, Unmanned Aerial Vehicle, waypoint*

I. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*) yaitu sistem berbasis elektro mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram dengan karakteristik sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, menggunakan hukum aerodinamika untuk mengangkat dirinya sendiri, bisa digunakan kembali dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya.

Penggunaan terbesar dari pesawat tanpa awak ini adalah dibidang militer. Rudal walaupun mempunyai kesamaan tapi tetap dianggap berbeda dengan pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) karena rudal tidak bisa digunakan kembali dan rudal adalah senjata itu sendiri. Pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) memiliki bentuk, ukuran, konfigurasi dan karakter yang bervariasi. Sejarah pesawat tanpa awak adalah Drone, pesawat tanpa awak yang digunakan sebagai sasaran tembak. Perkembangan kontrol otomatis membuat pesawat sasaran tembak yang sederhana mampu berubah menjadi pesawat tanpa awak yang kompleks dan rumit

Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu dikontrol melalui pengendali jarak jauh dan variasi kedua adalah pesawat yang terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan kedalam pesawat sebelum terbang. Proses kontrol pesawat sepenuhnya dilakukan oleh sistem *autopilot* dengan mengacu pada parameter-parameter yang telah ditentukan oleh pengguna sebelum terbang.

Pilot otomatis (*autopilot*) adalah sistem mekanikal, elektrik, atau hidraulik yang memandu sebuah kendaraan tanpa campur tangan dari manusia. Dalam masa masa awal transportasi udara, pesawat udara membutuhkan perhatian terus menerus dari seorang pilot agar dapat terbang dengan aman. Hal ini membutuhkan perhatian yang sangat tinggi dari awak pesawat dan mengakibatkan kelelahan. Sistem pilot otomatis diciptakan untuk menjalankan beberapa tugas dari pilot

Proses pendaratan atau landing pada suatu UAV merupakan hal yang kompleks karena membutuhkan energi potensial dan

kinetik yang cukup banyak dari pesawat terbang disamping adanya kendala dinamis seperti perubahan angin yang mendadak, berat muatan, serta tinggi dan kecepatan di setiap arah

Pada bagian sistem pendaratan otomatis banyak metode yang digunakan dalam membuat pesawat dapat mendarat secara otomatis. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode PID yang nantinya akan berguna sebagai bagian dari sistem *autopilot* yang dapat membuat pesawat untuk melakukan landing pesawat secara otomatis

A. UAV

Pesawat tanpa awak *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* merupakan jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*) yaitu sistem berbasis elektro mekanik yang dapat melakukan misi-misi terprogram dengan karakteristik sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, UAV dapat dikendalikan manual melalui radio kontrol atau secara otomatis dengan mengolah data pada sensor.

B. Konsep Aerodinamika Pesawat

Pada prinsipnya, pada saat pesawat mengudara, terdapat 4 gaya utama yang bekerja pada pesawat, yakni gaya dorong (*thrust T*), hambat (*drag D*), angkat (*lift L*), dan berat pesawat (*weight W*). Pada saat pesawat sedang menjelajah (*cruise*) pada kecepatan dan ketinggian konstan, ke-4 gaya tersebut berada dalam kesetimbangan: $T = D$ dan $L = W$. Sedangkan pada saat pesawat *take off* dan landing, terjadi akselerasi dan deselerasi yang dapat dijelaskan menggunakan Hukum II Newton (total gaya adalah sama dengan massadikalikan dengan percepatan).

Pada saat *take off*, pesawat mengalami akselerasi dalam arah horizontal dan vertikal. Pada saat ini, L harus lebih besar dari W , demikian juga T lebih besar dari D . Dengan demikian diperlukan daya mesin yang besar pada saat *take off*. Gagal *take off* bisa disebabkan karena kurangnya daya mesin (karena berbagai hal: kerusakan mekanik, human error, gangguan eksternal, dsb), ataupun gangguan pada sistem kontrol pesawat. Saat Pesawat terbang Sebagian besar pesawat komersial saat ini menggunakan mesin turbofan. Turbofan berasal dari dua kata, yakni turbin dan fan. Komponan fan merupakan pembeda antarmesin ini dengan turbojet. Pada mesin turbojet, udara luar dikompresi oleh kompresor hingga mencapai tekanan tinggi. Selanjutnya udara bertekanan tinggi tersebut masuk kedalam ruang bakar untuk dicampurkan dengan bahan bakar (avtur).

Pembakaran udara bahan bakar tersebut akan meningkatkan temperatur dan tekanan fluida kerja. Fluida bertekanan tinggi ini selanjutnya dilewatkan melalui turbin dan keluar pada nosel dengan kecepatan sangat tinggi. Perbedaan kecepatan udara masuk dan fluida keluar dari mesin menciptakan gaya dorong T (Hukum III Newton: Aksi dan Reaksi). Gaya dorong T ini dimanfaatkan untuk bergerak dalam arah horizontal dan

sebagian diubah oleh sayap pesawat menjadi gaya angkat L . Fan pada mesin turbofan berfungsi memberikan tambahan laju udara yang masuk ke mesin melalui *bypass air*. Udara segar ini akan bertemu dengan campuran udara bahan bakar yang telah terbakar di ujung luar mesin. Salah satu keuntungan penggunaan turbofan adalah dia mampu meredam kebisingan suara pada turbojet. Namun karena turbofan memiliki susunan komponen yang relatif kompleks, maka mesin jenis ini sangat rentan terhadap gangguan FOD (*Foreign Object Damage*) dan pembentukan es di dalam mesin. Masuknya FOD (seperti burung) ke dalam mesin bisa menyebabkan kejadian fatal pada pesawat.

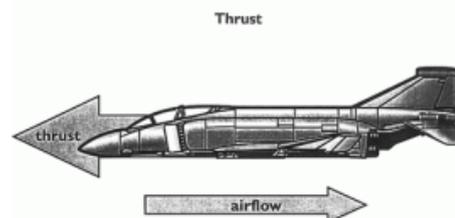
C. Gaya Yang Mempengaruhi Terbang Pesawat

1) Thrust

Thrust (gambar 1) adalah gaya dorong yang diciptakan oleh kerja mesin yang mendorong udara ke belakang agar pesawat dapat melaju kedepan. Gaya tersebut tercipta oleh kinerja mesin pesawat yang menciptakan propulsi dan mendorong pesawat. Gaya dorong ini dipengaruhi oleh hukum newton 2 & 3 yang mengatakan bahwa Percepatan yang ditimbulkan oleh gaya yang bekerja pada benda berbanding lurus dengan besar gayanya dan berbanding terbalik dengan masa benda 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

Saat pesawat mulai terdorong oleh kerja mesin, ada gaya yang bekerja berlawanan atau menghambat geraknya pesawat dengan menghasilkan gaya gesek sehingga menahan laju pesawat. *Drag* biasa juga disebut *resistance* atau berlawanan. Hal yang mempengaruhi *drag* dalam dunia penerbangan adalah *fuselage* atau *body* pesawat itu sendiri, tetapi *drag* juga bisa dihasilkan oleh *spoiler*, *flap*, dan *slat*. *Drag* dapat sangat merugikan karena dapat menghambat laju pesawat tetapi juga dapat sangat bermanfaat apabila pesawat sedang melakukan proses pengereman. perancang pesawat berupaya untuk meminimalisir gaya ini dengan merancang jalannya udara agar tidak terlalu terhambat dengan *body* pesawat itu sendiri.



Gambar 1. Thrust

Ilmu yang mempelajari tentang pergerakan udara disebut aerodinamika. Dapat dilihat pada (Gambar 2)

3) *Lift*

Lift (Gambar 3) adalah gaya yang mempengaruhi tentang bagaimana pesawat tersebut dapat terangkat ke udara. Dengan memanfaatkan gaya *drag* yang dihasilkan oleh sayap dan mengalirkan udara ke bagian bawah sayap sehingga menghasilkan gaya angkat dan menerbangkan pesawat tersebut. Dengan bentuk sayap yang telah dirancang tersebut membuat kecepatan udara diatas sayap lebih tinggi daripada kecepatan udara dibagian bawah sayap sehingga tekanan udara di bagian atas sayap lebih rendah dibandingkan dengan dibagian bawah sayap hal tersebut mengakibatkan udara akan mengangkat pesawat keatas, hal tersebut sedikit menyinggung hukum bernoulli yang memang menjadi dasar acuan gaya angkat pesawat.

4) *Weight*

Setelah pesawat berhasil berada di udara, ada lagi satu gaya terakhir yang menjadi *resistance* bagi *lift* yaitu adalah *weight* (Gambar 4) yang mempengaruhi beban pesawat itu sendiri ditambah dengan gaya gravitasi yang menarik badan pesawat untuk kembali ke tanah. Hal ini berkaitan dengan hukum relativitas umum einstein mengenai gravitasi. Semakin berat pesawat maka akan memaksa gaya sebaliknya untuk bekerja lebih keras yaitu dengan menambah *lift* yang dengan kata lain menambah *thrust*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin berat pesawat atau semakin besar *weight* nya maka akan semakin besar pula gaya dorong dan gaya angkat yang diperlukan oleh pesawat tersebut agar dapat tetap terbang.

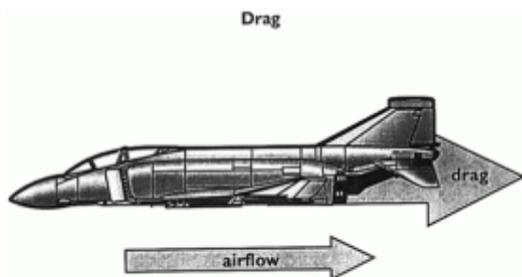
D. *Desain Yang Digunakan*

Pesawat udara adalah sebuah alat yang dibuat yang menggunakan media udara. Terdiri dari pesawat udara aerodinamis yaitu pesawat udara yang lebih berat dari udara (*HEAVIER THAN AIR*) dan pesawat udara aerostatis yaitu pesawat udara yang lebih ringan dari udara (*LIGHTER THAN AIR*). pesawat udara aerodinamis terdiri dari 2 kelompok yaitu pesawat bermotor dan tidak bermotor. yang bermotor terdiri dari bersayap tetap (*FIXED WING*) dan sayap putar (*ROTARY WING*). Pesawat udara aerodinamis bermotor bersayap tetap

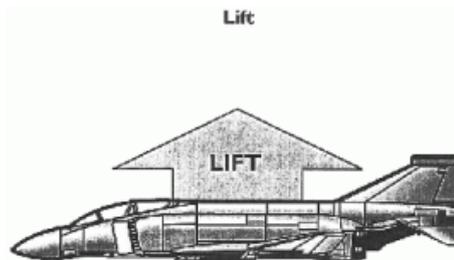
terdiri dari pesawat terbang, kapal terbang dan amphibiens. Yang bersayap putar terdiri dari *Helicopter* dan *Gyrocopter*. Pesawat udara aerodinamis tidak bermotor hanya meluncur disebut pesawat jenis (*GLIDER*), pesawat layang disebut (*SAILPLANE*) dan layang-layang. Ada juga pesawat udara aerostatis terdiri dari kapal udara atau balon udara. Dalam tugas akhir ini desain di pakai adalah desain bentuk *Glider*. Pesawat Glider adalah salah satu jenis pesawat terbang yang di desain untuk keperluan latihan dan olahraga udara. Pesawat ini biasanya tidak dilengkapi dengan mesin pendorong, sehingga untuk dapat terbang dia harus ditarik dengan kendaraan atau pesawat terbang bermesin. Namun ada beberapa jenis pesawat glider yang dilengkapi motor penggerak dalam rangka meningkatkan jangkauan atau bahkan *untuk take-off* dan *landing*. Bahan dari struktur pesawat glider terbuat dari komponen yang ringan namun memiliki kekuatan serta kekakuan yang tinggi. Pesawat glider juga dilengkapi dengan alat pendarat serta *flight control devices* seperti *Rudder*, *Aileron*

dan *Elevator* untuk bermanuver. Jumlah penumpangnya bisa dua atau satu, bergantung keperluannya. Untuk keperluan latihan biasanya itu didesain dengan tandem *seat* (depan dan (belakang) sebab *body* pesawat. Berukuran kecil. Instrumen-instrumen penting seperti altimeter, kompas, turn and bank indicator serta airspeed indicator menjadi perlengkapan standar bagi alat olah raga ini.

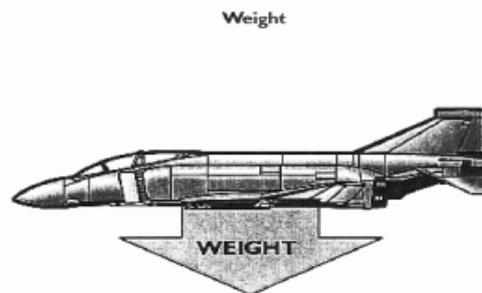
Dalam kasus yang umum, glider akan ditarik oleh pesawat lain sampai ketinggian tertentu dengan menggunakan kabel baja. Setelah sampai pada ketinggian yang direncanakan, kabel akan dilepas sehingga pesawat glider akan bebas melayang di udara sesuai dengan kehendak pilotnya. Salah satu variabel yang dinilai dalam olahraga menerbangkan pesawat ini adalah besarnya rentang waktu pesawat ini berada di udara sebelum



Gambar 2. Drag



Gambar 3. Lift



Gambar 4. Weight

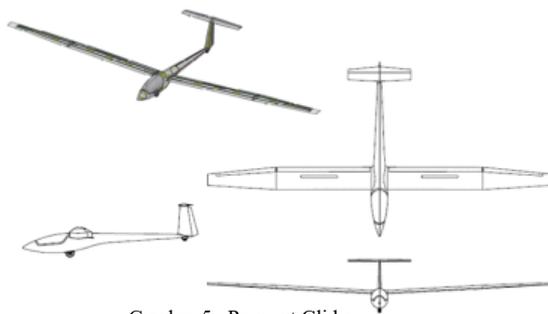
akhirnya mendarat. Untuk memenuhi misi training dan olahraga ini, maka sayap pesawat glider (Gambar 5) dirancang dengan nilai aspek rasio yang tinggi. Sebagaimana dalam teori aerodinamika disebutkan bahwa semakin tinggi nilai aspek rasio suatu sayap, maka dia akan mempunyai gaya angkat yang besar. Secara fisik sebuah sayap dengan aspek rasio tinggi akan terlihat pada ukuran rentang sayap yang sangat panjang bila di dibandingkan dengan lebarnya. Dengan desain seperti ini, maka glider akan mampu melayang di udara tanpa mesin dengan durasi yang cukup Panjang.

E. Gerak Dasar Pesawat

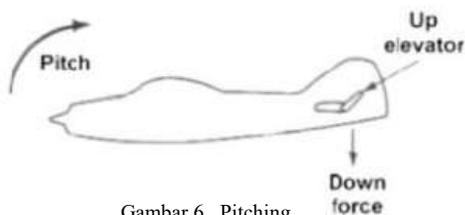
Pada dasarnya, pesawat terbang mempunyai gerak dasar pesawat yang fungsinya agar pesawat dapat bergerak stabil pada saat terbang di udara. Adapun ketiga gerak dasar pesawat itu adalah sebagai berikut:

1) Pitching

Pitching (Gambar 6) merupakan gerakan mengganguk atau gerakan keatas dan kebawah dari nose pesawat, pitching bergerak pada sumbu lateral pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan pitching, pilot menggerakkan bidang kendali utama atau primary control surface, yaitu dengan menggerakkan *Elevator* yang terletak pada horizontal stabilizer. Pergerakan *Elevator* dikendalikan dengan menggunakan stick control yang berada di dalam cockpit, stick digerakkan kedepan dan kebelang. Apabila stick digerakkan kebelakang, maka *Elevator* up atau keatas dan akan mengakibatkan nose pesawat bergerak keatas. Apabila stick digerakkan kedepan, maka *Elevator* down atau turun dan akan mengakibatkan nose pesawat bergerak turun kebawah. Gerakan pitching dilakukan pada saat pesawat akan melakukan *take off* (pada saat climbing atau terbang menanjak) dan landing (pada saat descent atau terbang menurun).



Gambar 5. Pesawat Glider



Gambar 6. Pitching

1. Rolling

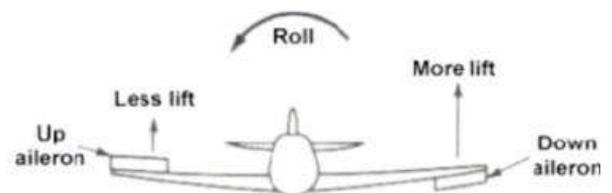
Rolling (Gambar 7) merupakan gerakan berguling (roll) dari pesawat, rolling bergerak pada sumbu longitudinal pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan rolling, pilot menggerakkan bidang kendali *Aileron* yang berada di wing / sayap. Pergerakan *Aileron* dikendalikan dengan menggunakan stick control yang berada di dalam cockpit, stick digerakkan ke kiri dan kekanan. Yawing merupakan gerakan menggengsel atau nose pesawat bergerak ke kanan dan ke kiri. Yawing bergerak pada sumbu vertikal pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan yawing pada pesawat, pilot menggerakkan bidang kendali *Rudder* yang berada pada vertical stabilizer. Pergerakan *Rudder* dikendalikan dengan menggunakan *Rudder* pedal (kanan dan kiri) yang berada didalam cockpit. Apabila pedal kanan diinjak, maka *Rudder* akan bergerak kekanan dan nose pesawat akan mengarah ke kanan. Dan apabila pedal kiri diinjak, maka *Rudder* akan bergerak kekiri dan nose pesawat akan mengarah ke kiri.

2) Yawing

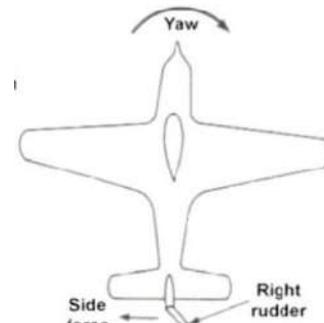
Yawing (Gambar 8) merupakan gerakan menggengsel atau nose pesawat bergerak ke kanan dan ke kiri. Yawing bergerak pada sumbu vertikal pesawat. Untuk dapat melakukan gerakan yawing pada pesawat, pilot menggerakkan bidang kendali *Rudder* yang berada pada vertical stabilizer. Pergerakan *Rudder* dikendalikan dengan menggunakan *Rudder* pedal (kanan dan kiri) yang berada didalam cockpit. Apabila pedal kanan diinjak, maka *Rudder* akan bergerak kekanan dan nose pesawat akan mengarah ke kanan. Dan apabila pedal kiri diinjak, maka *Rudder* akan bergerak kekiri dan nose pesawat akan mengarah ke kiri.

F. Ardupilot Mega

Ardupilot Mega (APM) adalah *autopilot* yang berbasis pada platform Arduino Mega. *Autopilot* ini bisa mengendalikan pesawat *Fixed Wing*, helikopter multi rotor,



Gambar 7. Rolling



Gambar 8. Yawing

serta helikopter biasa. Ardupilot Mega (APM) Ini adalah *autopilot* yang mampu melakukan stabilisasi otonom, navigasi berbasis jalur jalan dan telemetri dua arah dengan

modul nirkabel. Mendukung 8 kanal RC dengan 4 port serial. ArduPilot Mega terdiri dari papan prosesor utama dan cover luar. Perangkat lunak kontrol bersifat open source dan terus diperbarui dengan fitur baru dan yang disempurnakan oleh tim pengembang. (Gambar 9) merupakan gambar tipe-tipe board Ardupilot Mega dan keterangan detail mengenai prosesor, sensor, data log memori, dan ukuran Ardupilot Mega. Dalam Ardupilot Mega terbagi 2 cabang kode utama, yang pertama Arduplane dan Arducopter.

1) Arduplane

ArduPlane adalah cabang kode *fixed wing* UAV. Perangkat lunak ini dirancang untuk tipe *fixed wing* UAV. yang bisa berkisar dari pesawat *fixed wing* hingga pesawat terbang tradisional, atau apapun di antaranya

2) Arducopter

ArduCopter adalah cabang kode sayap berputar. Ini memungkinkan Anda menerbangkan helikopter multi-rotor dan tradisional UAV

Ardupilot Mega memiliki beberapa komponen, antara lain

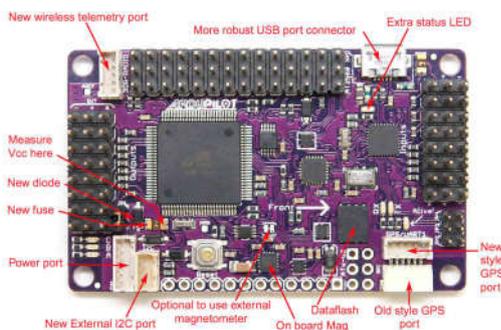
1) APM Hardware

(Gambar 10) merupakan beberapa spesifikasi dan fitur ardupilot mega. Ini adalah papan fisik yang berisi sensor dan pengolah. Perangkat keras bisa dianggap sebagai PC kecil yang menjalankan perangkat lunak *autopilot*.



Autopilot	ArduPilot (aka "Legacy")	ArduPilotMega APM 1 – 1280	ArduPilotMega APM 1 – 2560	ArduPilotMega APM 2
Date of introduction	Q1 2009	Q1 2010	Q1 2011	Q4 2011
Status	Discontinued	Discontinued	Active	Active
Processors	atmega 328, attiny	atmega 1280, atmega 328	atmega 2560, atmega 328	atmega 2560, atmega 32u2, MPU-6000 DMP processor
Onboard sensors	None. External: Thermopiles or optional ArduIMU	3-axis gyro, 3-axis accel, baro, optional mag	3-axis gyro, 3-axis accel, baro, optional mag	6-axis MPU6000 (gyro+accel), baro, mag, GPS
Datalogging memory	None	2MB	2MB	4MB
Size	30x50x30mm	40x72x20mm	40x72x20mm	40x65x10mm
Assembly required	Lots!	Some soldering	Some soldering	None!

Gambar 9. Tipe-tipe Board Ardupilot Mega



Gambar 10. Papan Fisik Ardupilot Mega

2) APM Firmware

Firmware (Gambar 11) adalah kode yang berjalan didalam board APM. Ada banyak basis *firmware* yang berbeda untuk dipilih. Bergantung pada kode apa yang di muat, dapat menggunakan APM untuk mengendalikan pesawat terbang tetap, multi-rotor, helikopter dan juga ground rover.

3) Perangkat Lunak APM

ArduPilot Mega (Gambar 12) membutuhkan *software Mission planner* untuk merencanakan misi, atau mengunggah *firmware* baru. Dari gambar adalah tampilan dari *software mission planer* yang di gunakan untuk menghubungkan antara laptop dengan ardupilot mega. *Software mission planer* dapat memantau semua status dari pesawat baik ketinggian, jalur terbang, status baterai, dan lainnya. Dengan penambahan Kit Telemetri, kita dapat melacak UAV Anda secara *real time*, atau bahkan mengubah misi Anda saat ArduPilot Mega UAV sedang berada di udara.

G. Perangkat Keras

1) GPS

Global Positioning System (GPS) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan bantuan penyelarasan (*synchronization*) sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke Bumi. Sinyal ini diterima oleh alat penerima di permukaan, dan digunakan untuk menentukan letak, kecepatan, arah, dan waktu. Sistem yang serupa dengan GPS



Gambar 11. Firmware APM



Gambar 12. Software mission planner

antara lain GLONASS Rusia, Galileo Uni Eropa, IRNSS India. Sistem ini dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika Serikat, dengan nama lengkapnya adalah NAVSTAR GPS (NAVSTAR) adalah nama yang diberikan oleh John Walsh, seorang penentu kebijakan penting dalam program GPS). GPS (Gambar 13) Tracker atau sering disebut dengan GPS Tracking adalah teknologi AVL (*Automated Vehicle Locater*) yang memungkinkan pengguna untuk melacak posisi kendaraan, armada ataupun mobil dalam keadaan Real-Time. GPS Tracking memanfaatkan kombinasi teknologi GSM dan GPS untuk menentukan koordinat sebuah objek, lalu menerjemahkannya dalam bentuk peta digital. Cara kerja sistem ini menggunakan sejumlah satelit yang berada di orbit bumi, yang memancarkan sinyalnya ke bumi dan ditangkap oleh sebuah alat penerima.

2) Telemetri

Telemetri (Gambar 14) (sejenis dengan telematika) adalah sebuah teknologi yang memungkinkan pengukuran jarak jauh dan pelaporan informasi kepada perancang atau operator sistem. Kata telemetri berasal dari akar bahasa Yunani *tele* = jarak jauh, dan *metron* = pengukuran. Sistem yang membutuhkan instruksi atau data yang dikirim kepada mereka untuk mengoperasikan membutuhkan lawan dari telemetri, telekomando. Telemetri merujuk pada komunikasi nirkabel (contohnya menggunakan sistem radio untuk mengimplementasikan hubungan data), tetapi juga dapat merujuk pada data yang dikirimkan melalui media lain, seperti telepon atau jaringan komputer atau melalui sebuah kabel optik atau ketika membuat robot kita dapat menggunakan satu kabel.

3) Brushless DC Motor

BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa. Seperti terlihat pada (Gambar 15) Didandingkan dengan motor DC, BLDC memiliki biaya perawatan yang lebih rendah dan kecepatan yang lebih tinggi akibat tidak digunakannya *brush*. Dibandingkan dengan motor induksi, BLDC memiliki efisiensi yang lebih tinggi karena rotor dan torsi awal yang lebih tinggi karena rotor terbuat dari

magnet permanen. Walaupun memiliki kelebihan dibandingkan dengan motor DC dan induksi, pengendalian BLDC jauh lebih rumit untuk kecepatan dan torsi yang konstan karena tidak adanya *brush* yang menunjang proses komutasi.

Walaupun merupakan motor listrik *synchronous* AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan *inverter* 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDC adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor.

4) Motor Servo

Motor servo adalah sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau di atur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. motor servo (Gambar 16) merupakan perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo.

5) Baterai

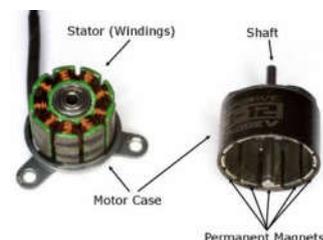
Baterai Lithium Polimer atau biasa disebut dengan Lipo merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia Robotika. Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Boleh dibilang hampir semua baterai jenis LiPo yang beredar diluar sekarang ini sebenarnya adalah jenis Hybrid Lithium Polymer. Nama yang biasa digunakan untuk baterai ini adalah *Lithium-ion Polymer*, namun dunia lebih sering menyebutnya dengan Lithium Polymer saja.



Gambar 13. Gps



Gambar 14. Telemetry



Gambar 15. Brushless DC Motor



Gambar 16. Motor Servo

Padahal baterai jenis ini tidak sepenuhnya menggunakan elektrolit kering seperti yang telah dijelaskan diatas. Dengan menggunakan elektrolit tipe gel terhadap polimer, pertukaran ion yang terjadi meningkat pesat. Bentuk baterai dapat dilihat pada (Gambar 17).

6) *Esc*

ESC (Gambar 18) atau disebut juga *Electronic Speed Control* adalah driver penggerak untuk jenis motor brushless, biasanya digunakan pada bidang aeronautical atau RC. untuk melakukan interface dengan ESC, caranya cukup mudah, yaitu dengan memberikan pulsa pada pin input ESC yang akan berpengaruh pada kecepatan motor brushless.

II. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Dalam perancangan pesawat ini memerlukan konsep yang matang guna mendapat hasil yang sesuai tujuan. Pemilihan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang merupakan implementasi sistem mekanik dan sistem kontrol pada *propeller* pesawat sangat mempengaruhi perancangan pesawat, sehingga pesawat menjadi lebih akurat dalam bermanuver sesuai perintah yang diberikan. Konsep dasar merupakan pedoman untuk merencanakan sesuatu dalam melakukan rancangan (desain), dimana konsep ini memuat langkah-langkah dan petunjuk untuk menentukan sesuatu penunjang yang dibutuhkan dalam mendesain



Gambar. 17 Baterai



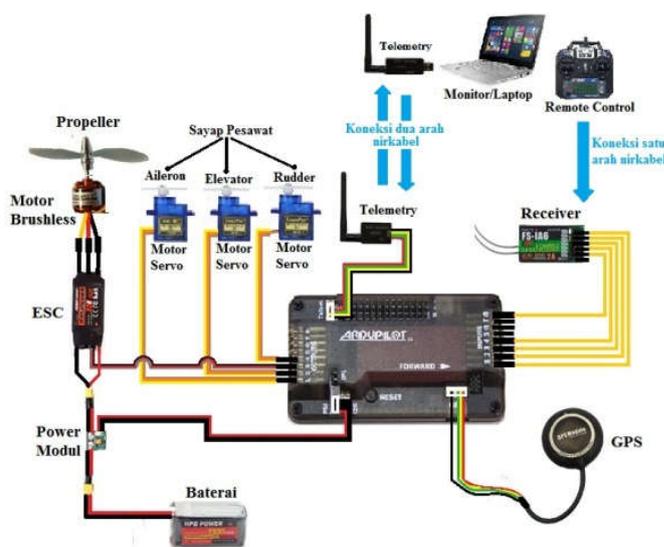
Gambar. 18 Electronic Speed Control

1) *Perancangan Rangkaian*

- a) Brushless DC Motor. Berfungsi sebagai penggerak/pendorong pesawat agar dapat terbang
- b) Ardupilot Mega 2.8. Berfungsi sebagai otak atau pengendali utama dalam sistem otomatis.
- c) Radio kontrol penerima (RX). Berfungsi sebagai penerima sinyal dari pemancar sinyal (TX).
- d) Motor servo. Berfungsi untuk menggerakkan sayap pesawat, baik sayap *Aileron*, *Elevator*, dan *Rudder*
- e) ESC (*Electronic Speed Control*). Berfungsi sebagai driver atau pengatur kecepatan motor *brushless*.
- f) GPS. Berfungsi sebagai pembaca posisi dan arah pesawat
- g) Telemetri. Berfungsi sebagai penghubung antara pesawat dan komputer/*software* mission planer, untuk memasukan program kedalam ardupilot serta untuk melihat status pesawat

2) *Perancangan komponen pesawat tanpa awak*

Untuk mempermudah perancangan perangkat lunak pengontrolan pesawat terlebih dahulu dibuat perancangan komponen sistem *auto* untuk menjabarkan alur kerja sistem pada pesawat uav. Berdasarkan (Gambar 19) menunjukkan dimana sistem alur pesawat saat menerima perintah dari *remote* kontrol, dibaca pengontrol dan diteruskan ke aktuator.



Gambar. 19 Perancangan komponen

B. Bentuk desain pesawat

Membicarakan soal pesawat pasti tidak terlepas dari desain yang aerodinamis dan material yang di gunakan agar pesawat tetap stabil *Body* Pesawat ini terbuat dari Styrofoam.dapat dilihat pada (Gambar 20). Pesawat ini memiliki 1 baling-baling penggerak, yang berfungsi sebagai mesin untuk menerbangkan pesawat. Dan memiliki 2 sayap *Aileron*, 2 sayap *Elevator* dan 1 sayap *Rudder*. Untuk ukuran serta titik *Center of Gravity* dapat dilihat pada (Gambar 21) dan (Gambar 22).

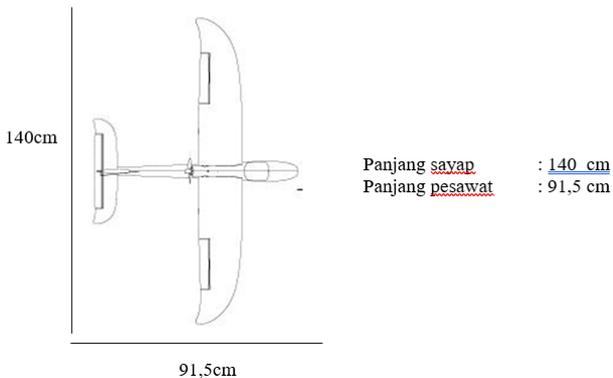
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil desain

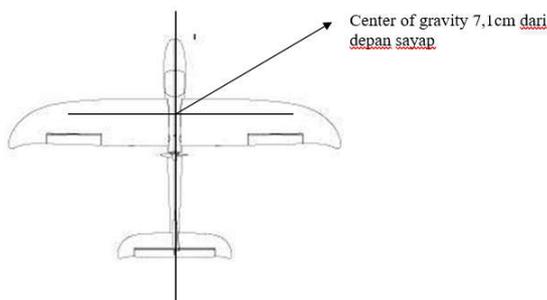
Berdasarkan proses perancangan yang sudah di bahas pada bab sebelumnya dimana untuk mengetahui kinerja, hasil serta kehandalan sistem otomatis *Unmanned Aerial Vehicle* yang telah di buat maka di lakukan proses pengujian. desain pesawat, semua komponen agar berfungsi dengan baik.



Gambar. 20 Bentuk desain pesawat



Gambar. 21 Ukuran dan Panjang pesawat



Gambar. 22 Titik seimbang pesawat

untuk pengujian arah gerak atau manuver pesawat dilakukan kalibrasi sensor dan gps sebagai pembaca posisi pesawat. Pesawat dengan desain glider sangat ideal digunakan bersama ardupilot mega. Berikut spesifikasi pesawat dapat dilihat pada tabel I

B. Hasil pengujian

Hasil pengujian berikut adalah pengujian fungsi komponen apakah berjalan sesuai harapan atau tidak

1) Pengujian arah gerak pesawat

Sebelum memulai terbang perlu dilakukan pengujian fungsi gerak apakah sayap bekerja sebagaimana mestinya. Untuk itu dilakukan pengujian arah gerak satu persatu

a) Arah pesawat bergerak lurus

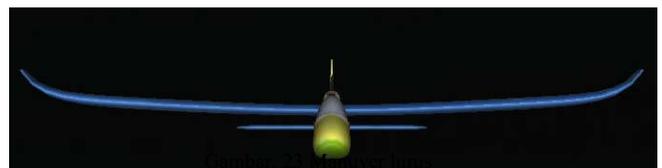
Dapat dilihat pada (gambar 23) yang menunjukkan bentuk pesawat dari arah depan. Dan tidak ada perubahan arah gerak sayap. Baik sayap *Aileron*, *Elevator* dan *Rudder*. Untuk lebih jelas dapat melihat tabel II

**TABEL I
KETERANGAN SPESIFIKASI PESAWAT**

Komponen	ukuran
Panjang pesawat	91,5 cm
Panjang sayap	140 cm
Tegangan	11.1v / 3 cell
Propeller	6x4
Berat	790 g

**TABEL II
KETERANGAN SAYAP YANG BERFUNGSI SAAT**

Sayap	Kiri	Kanan
<i>Aileron</i>	Lurus	Lurus
<i>Elevator</i>		Lurus
<i>Rudder</i>		Lurus



Gambar 23. Manuver Lurus

b) Arah pesawat bergerak manuver naik

Dapat dilihat pada (gambar 24) yang menunjukkan bentuk pesawat dari arah depan. Ada perubahan arah gerak sayap bagian belakang (*Elevator*) yang naik keatas. Untuk lebih jelas dapat melihat tabel III

c) Arah pesawat bergerak manuver turun

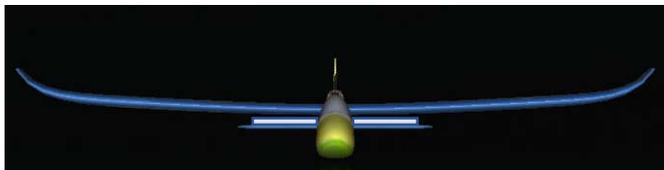
Dapat dilihat pada (gambar 25) yang menunjukkan bentuk pesawat dari arah depan. Ada perubahan arah gerak sayap bagian belakang (*Elevator*) yang turun kebawah. Untuk lebih jelas dapat melihat tabel IV

d) Arah pesawat bergerak manuver kekanan

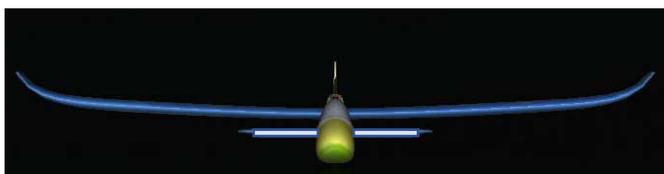
Dapat dilihat pada (gambar 26) yang menunjukkan bentuk pesawat dari arah depan. Ada perubahan arah gerak sayap (*Aileron*) yang sebelah kanan naik keatas dan sebelah kiri turun kebawah. Untuk lebih jelas dapat melihat tabel V



Gambar 28. Tuas dan swc pada Remote



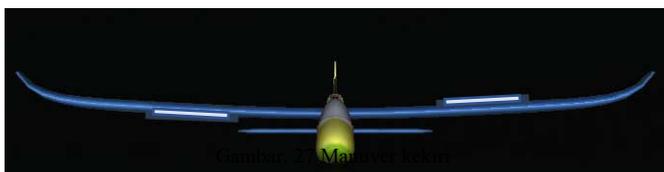
Gambar. 24 Manuver naik



Gambar. 25 Manuver turun



Gambar. 26 Manuver kekanan



e) Arah pesawat bergerak manuver kekiri

Dapat dilihat pada (gambar 27) yang menunjukkan bentuk pesawat dari arah depan. Ada perubahan arah gerak sayap (*Aileron*) yang sebelah kanan turun kebawah dan sebelah kiri naik keatas. Untuk lebih jelas dapat melihat tabel VI

2) *Pengujian remote*

Untuk gambar fisik remot yang dipakai dapat melihat gambar 28. Dalam mengontrol pesawat bermanuver digunakan remote, telah dibuat yang menunjukkan fungsi dari tuas masing-masing (Ch) tabel tersebut dapat dilihat pada (Tabel III) untuk membuat pesawat bermanuver kiri dan kanan (*roll*) yang digunakan adalah tuas Ch1, sedangkan untuk menaikan dan menurunkan pesawat (*Pitching*) menggunakan tuas Ch2. Untuk membuat pesawat terdorong maju kedepan menggunakan tuas

TABEL III
KETERANGAN SPESIFIKASI PESAWAT

manuver dan mode terbang	Input dari remote				
	Ch1	Ch2	Ch3	Ch4	Ch5
Naik	-	Turun	-	-	-
Turun	-	Naik	-	-	-
Kiri	Kiri	-	-	-	-
Kanan	Kanan	-	-	-	-
Mode	-	-	-	-	Sw(kebawah)
Auto	-	-	-	-	Sw(kebawah)

TABEL IV
SAYAP YANG BERGERAK SAAT MANUVER NAIK

Sayap	Kiri	Kanan
<i>Aileron</i>	Lurus	Lurus
<i>Elevator</i>		Naik
<i>Rudder</i>		Lurus

TABEL V
SAYAP YANG BERGERAK SAAT MANUVER TURUN

Sayap	Kiri	Kanan
<i>Aileron</i>	Lurus	Lurus
<i>Elevator</i>		Turun
<i>Rudder</i>		Lurus

TABEL VI
SAYAP YANG BERGERAK SAAT MANUVER KANAN

Sayap	Kiri	Kanan
<i>Aileron</i>	Turun	Naik
<i>Elevator</i>		Lurus
<i>Rudder</i>		Lurus

TABEL VII
SAYAP YANG BERGERAK SAAT MANUVER KIRI

Sayap	Kiri	Kanan
<i>Aileron</i>	Naik	Turun
<i>Elevator</i>		Lurus
<i>Rudder</i>		Lurus

pada Ch3. Dan pada Ch4 digunakan untuk mengontrol sayap Rudder (*yawing*). Dan swc Ch5 digunakan untuk mengaktifkan mode otomasi (*auto*).

3) *Seting kordinat terbang*

Seting kordinat dibutuhkan untuk menentukan arah atau jalur terbang pesawat secara *Auto*. (Gambar 29), menunjukkan arah terbang pesawat yang berputar melingkar dengan 11 *waypoint*

4) *Pengujian manuver antar waypoint*

Untuk pengujian manuver pesawat sesuai dengan titik kordinat *waypoint* dilakukan beberapa manuver

f) *Manuver dengan sudut 90°*

Pengujian ini bertujuan melihat apakah manuver pesawat bisa sesuai dengan *waypoint*. Dari *waypoint* 2 ke *waypoint* 3 menuju ke *waypoint* 4. Untuk melihat hasil pengujian bias dilihat pada gambar 30

g) *Manuver dengan sudut 155°*

Pada gambar 31. Pengujian ini bertujuan melihat apakah manuver pesawat bisa sesuai dengan *waypoint*. Dari arah *waypoint* 3 ke arah *waypoint* 4 dan menuju ke *waypoint* 5.



Gambar 29. titik kordinat arah terbang



Gambar 30. Pesawat melewati sudut 90°



Gambar 30. Pesawat melewati sudut 90°

5) *Pengujian baterai terhadap putaran motor*

Pada pengujian ini akan diujikan 3 kondisi baterai dengan motor yang pada diam posisi diam dengan tuas *trottle* 0%, 25%, dan 50%. Pengujian ini menggunakan bantuan *software* mision planer

h) *Trottle 0%*

Dalam pengujian ini *trottle* tidak di naikkan, masih dalam posisi normal atau dalam posisi motor yang tidak berputar. Terlihat status baterai 11.60v dengan amper 20.0a. seperti terlihat pada gambar 32 yang ditandai tanda kotak warna merah

i) *Trottle 25%*

Pengujian ini dikondisikan *trottle remote* pada kekuatan 25%. Seperti terlihat pada gambar 33. Dengan tanda kotak warna merah, Pada kondisi *trottle* 25% status baterai menjadi 11.16v dengan amper 19.1a

j) *Trottle 50%*

Kemudian *trottle* pada *remote* dikondisikan dengan kekuatan pada 50%. Didapatkan status baterai menjadi 3.08v dengan amper 4.8a, seperti terlihat pada gambar 34. Dengan tanda kotak warna merah



Gambar 32. Status tegangan baterai saat trottle 0%



Gambar 33. Status tegangan baterai saat trottle 25%



Gambar 34. Status tegangan baterai saat trottle 50%

6) Pengujian Gps

Gps berperan penting pada sebuah misi, gps dibutuhkan untuk UAV mengetahui posisi dan arah terbang pesawat. Untuk mengetahui keakuratan modul gps, digunakan bantuan sebuah *smartphone* yang telah di lengkapi gps di dalamnya. Hasilnya antara *gps smartphone* dan *gps pesawat* sama-sama menunjukkan titik yang sama. Dapat dilihat pada (gambar 35) adalah *gps pada smartphone* dan gambar 36 *gps pada ardupilot*

7) Pengujian Telemetri

Telemetry merupakan komponen pengirim seluruh status pada pesawat ke perangkat komputer melalui *software* mision planer, pengujian dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh jangkauan telemetry. Untuk melihat kekuatan sinyal telemetry bisa di lihat pada menu *Flight data* seperti terlihat pada (gambar 37) yang dilingkari warna merah.

Setelah dilakukan pengujian jarak didapatkan hasil bahwa jarak tanpa halangan antara modul telemetri pada laptop dan modul telemetri yang terdapat pada pesawat jarak maksimum 100m. data tersebut didapat pada saat menerbangkan pesawat dengan ketinggian 100m. setelah dinaikan ketinggian pesawat koneksi telemetri terputus. Dapat dilihat pada (gambar 38)



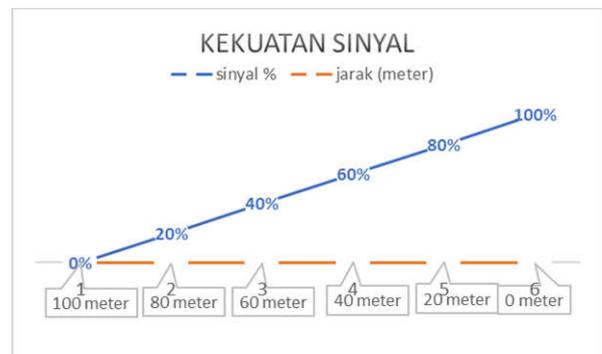
Gambar 35. Gps yang terdapat pada Smartphone



Gambar 37. Status kekuatan sinyal telemetri



Gambar 36. Gps yang terdapat pada Ardupilot



Gambar 38. Jarak kekuatan sinyal telemetri

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian desain pesawat serta navigasi, maka dapat disimpulkan beberapa hal dengan pelaksanaan dan hasil penelitian yaitu:

- 1) Dalam penelitian ini desain bentuk pesawat glider dengan baling-baling dibelakang sangat cocok untuk digunakan dalam navigasi otomatis dikarenakan *firmware* mikrokontroler Ardupilot Mega secara default mengharuskan desain sayap pesawat yang lengkap baik sayap *Aileron*, *Elevator*, dan *Rudder*
- 2) Bahan yang digunakan adalah EPO Foam karena selain ringan EPO Foam tidak mudah patah hancur seperti bahan *styrofoam*
- 3) Faktor angin sangat berpengaruh pada saat pesawat *take off* dan saat pesawat sedang terbang bermanuver di udara, karna dengan pengujian yang sudah dilakukan pada saat angin yang kencang pesawat sulit naik (*takeoff*), dan angin sangat berpengaruh saat pesawat sedang bermanuver mengikuti jalur terbang menuju kordinat yang di tentukan

- 4) Telemetry digunakan untuk mengunggah kordinat terbang pesawat serta dapat melihat semua status pesawat baik posisi, ketinggian, status baterai, arah pergerakan dan lainnya. serta dapat menyimpan data penerbangan
- 5) Untuk mengaktifkan *mode auto*, pesawat harus berada pada ketinggian tertentu, untuk mencapainya digunakan kendali manual
- 6) Arah manuver pesawat tidak sama persis dengan titik kordinat yang di tentukan
- 7) *Titik CG (Center of Gravity)* sangat berpengaruh pada keseimbangan pesawat, karena dengan titik CG kita dapat mengetahui titik tengah berat pesawat, yang berpengaruh saat kita menempatkan posisi dari komponen-komponen baik mikrokontroler, baterai, telemetry dan komponen tambahan lainnya.

B. Saran

- 1) Dapat memakai APM versi terbaru agar pengolahan data yang semakin cepat dan akurat.
- 2) Penambahan sensor Airspeed agar dapat membaca kecepatan angin
- 3) Memperkuat jangkauan sinyal Telemetry
- 4) Rangka pesawat sebaiknya menggunakan bahan kayu jenis balsa agar lebih kokoh



Penulis bernama lengkap Hardy Samuel Saroinsong, anak Pertama dari dua bersaudara. Lahir di Jayapura pada tanggal 20 Mei 1994. Penulis menempuh Pendidikan di SDN 2 Abepura, Jayapura (2000-2006), Selanjutnya, melanjutkan ke SMP YPPK Santo Paulus, Abepura, Jayapura (2006-2009) dan menyelesaikan sekolah menengah kejuruan di SMKN 5 Jayapura (2009-2012). Tahun 2012, penulis melanjutkan studi di Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi, Manado. Dua tahun kemudian, yaitu tahun 2014, penulis memilih konsentrasi minat Teknik Kendali. Setelah menyelesaikan Kerja Praktek di PT. Freeport Indonesia selama 2 bulan. Dan melaksanakan Kuliah Kerja Terpadu angkatan 112 di Desa Tutuyan Dua, Kabupaten Bolaang Mongondouw Timur. Penulis memutuskan untuk menulis Tugas Akhir mengenai Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (*Fixed Wing*) Berbasis Ardupilot).

Selama kuliah, penulis pernah aktif dalam organisasi mahasiswa antara lain menjadi Pengurus Himpunan Mahasiswa Elektro Periode 2016 – 2017. Penulis juga pernah menjabat sebagai Anggota Robotika Di Laboratorium Teknik Kendali Universitas Sam Ratulangi periode 2013-2015, serta menjadi peserta peninjau Kontes Robot Indonesia 2015 di Politeknik Negeri Banjarmasin.

V. KUTIPAN

- [1] Anonymous, "Panduan Penulisan Karya Tulis Ilmiah Sarjana (KTIS). Departemen Pendidikan Nasional Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi", Manado, 2006.
- [2] Arduino, cc. *Arduino Mega 2560*, [Online]. Tersedia di: <https://store.arduino.cc/arduino-mega-2560>, 8 oktober 2017.
- [3] R.Hidayat, R.Mardiyanto. "Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis Pada UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dengan GPS (Global Positioning System) Waypoint". Skripsi S.T., Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2016.
- [4] E. B. Purwanto, " *Pemodelan Sistem dan Analisis Kestabilan Dinamik Pesawat UAV (Modeling System And Dynamic Stability Analysis Of UAV)*", Peneliti Bidang Avionik, Pustekbang, LAPAN, 2012.
- [5] N.Hidayat. "Rancang Bangun Sistem Kendali Quadrotor untuk Kestimbangan Posisi dengan PID." Skripsi S.T. Teknik Elektro Universitas Indonesia, Depok, 2009.
- [6] M.G.A.Pradana, R.Prasakti, S.B.Worsito, N.Fajaryati. "Single Propeller Drone (Singrone): Inovasi Rancang Bangun Drone Single Propeller Sebagai Wahana Pemetaan Lahan Berbasis Unmanned Aerial Vehicle (UAV)." *Jurnal, Jurusan Pendidikan, Teknik Elektronika*, Universitas Negeri Yogyakarta. 2016.