

BAB IV

PERANCANGAN

4.1 Pemilihan Perangkat Sistem UAV

Pemilihan perangkat sistem *UAV* bertujuan untuk memilih perangkat sistem *UAV* yang sesuai dengan spesifikasi pesawat model Solfix pemantau titik api kebakaran hutan. Adapun aspek pemilihan perangkat sistem *UAV* meliputi dimensi, fitur dan beberapa aspek lainnya yang sesuai terhadap kebutuhan perancangan.

4.1.1 Pemilihan *Autopilot*

Pemilihan *autopilot* yang akan digunakan pada perancangan sistem *UAV* pesawat model Solfix harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Dimensi

Autopilot yang akan dipilih harus memiliki dimensi yang lebih kecil dari badan pesawat model Solfix agar dapat terpasang secara sempurna tanpa harus mengubah konstruksi dan bentuk dari pesawat itu sendiri. *Autopilot* akan diletakan pada bagian *autopilot canopy* pesawat model Solfix. *Autopilot canopy* pesawat model Solfix terletak di bagian depan badan pesawat yang memiliki ukuran panjang 9,5 cm dan lebar 7 cm, sehingga akan dipilih *autopilot* yang memiliki dimensi lebih kecil daripada dimensi *autopilot canopy* pesawat.

b. *GPS* Terpisah

Autopilot dengan *GPS* terpisah memberikan kebebasan bagi pengguna dalam memilih tipe *GPS*, sehingga pengguna *autopilot* dapat memilih *GPS* sesuai dengan kebutuhan. Keuntungan lainnya dalam pemilihan *autopilot* dengan *GPS* terpisah adalah penempatan *GPS* pada badan pesawat yang lebih bervariasi. *GPS* dapat dipasang pada badan pesawat sesuai dengan kebutuhan perancangan dan tetap mempertahankan *autopilot* berada pada bagian dalam badan pesawat

Autopilot dengan *GPS* terpisah menggunakan kabel *GPS* sebagai media penghubung *autopilot* terhadap modul *GPS*.

c. *Open Source*

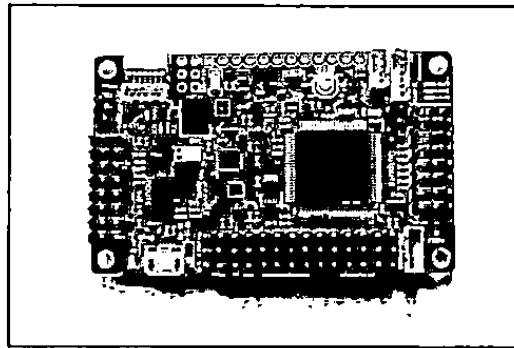
Autopilot dengan fitur *open source* memungkinkan pengguna *autopilot* dalam memodifikasi perangkat tersebut dengan bebas tanpa harus membayar royalti kepada produsen. *Autopilot* dengan fitur *open source* dipilih dalam perancangan ini bertujuan agar *autopilot* dapat dikonfigurasi berdasarkan spesifikasi pesawat.

d. *Kompatibel terhadap Wireless Telemetry*

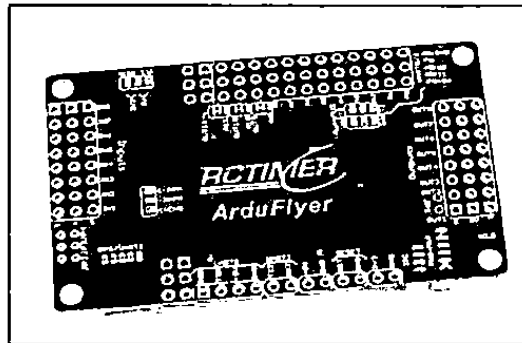
Pada perancangan ini akan dilakukan pemilihan *autopilot* yang kompatibel terhadap perangkat *wireless telemetry*. *Wireless telemetry* adalah salah satu perangkat yang paling penting dalam perancangan sistem *UAV*, *wireless telemetry* menghubungkan *autopilot* terhadap *GCS* melalui gelombang radio sehingga informasi dan data pesawat dapat dipantau langsung secara *real time* pada *GCS* ketika pesawat melakukan penerbangan.

Dari berbagai persyaratan pemilihan *autopilot* di atas, maka akan dipilih *autopilot* yang mencakupi semua aspek persyaratan tersebut. Pada perancangan ini dipilih *Arduflyer 2.5* (Gambar 4.1 dan 4.2) sebagai *autopilot* yang akan digunakan pada pesawat model *Solfix* pemantau titik api kebakaran hutan.

Arduflyer 2.5 adalah sebuah *autopilot* yang diproduksi oleh *RC-TIMER*, sebuah perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur aksesoris dan peralatan kendaraan model berbasis *radio control*. *Autopilot* ini dapat digunakan untuk beberapa jenis kendaraan model seperti kendaraan model udara, darat dan perairan.



Gambar 4.1: Arduflyer 2.5 Tampak Depan



Gambar 4.2: Arduflyer 2.5 Tampak Belakang

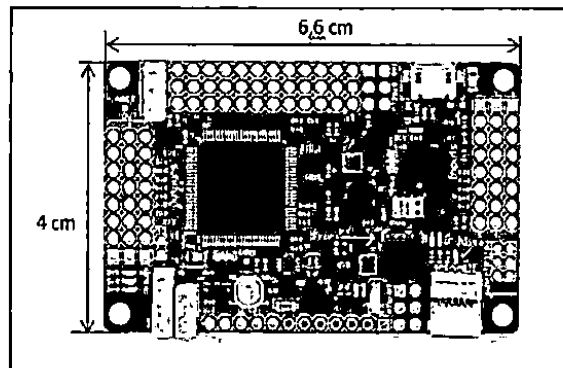
Adapun spesifikasi Arduflyer 2.5 adalah sebagai berikut:

- Kompatibel terhadap Arduino
- Terdapat dua jenis *conector input dan output*, yaitu *conector pin* jenis vertikal dan horizontal
- *3-axis gyro*, *accelerometer* dan *magnetometer* dengan *barometer* performa tinggi
- *Onboard 16 Mbit Dataflash chip* untuk *datalogging* otomatis
- MS5611-01BA03 Barometric pressure sensor
- *Digital compass powered by HMC5883L chip*
- GPS Terpisah
- *5.37V +/-0.5 Power Supply*

Pemilihan Arduflyer 2.5 sebagai *autopilot* yang digunakan sebagai dalam perancangan ini karena telah memenuhi aspek persyaratan pemilihan *autopilot* pada perancangan ini, dengan penjabaran sebagai

a. Dimensi

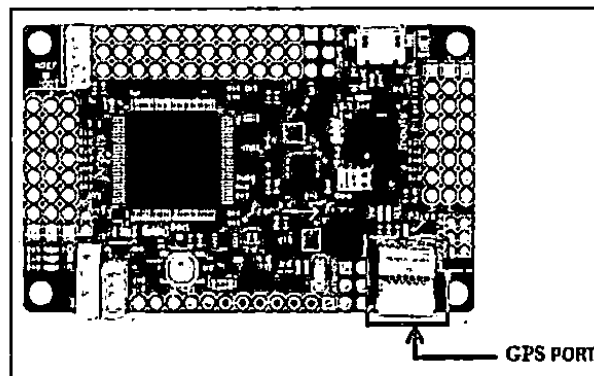
Arduflyer 2.5 memiliki dimensi panjang 6,6 cm dan lebar 4 cm (Gambar 4.3), dengan spesifikasi dimensi tersebut maka Arduflyer 2.5 dapat dipasang di badan pesawat Solfix bagian *autopilot* tanpa merubah konstruksi dan rancangan pesawat itu sendiri.



Gambar 4.3: Dimensi Arduflyer 2.5

b. GPS Terpisah

Arduflyer 2.5 dirancang memiliki *GPS* terpisah, dengan begitu *GPS* yang akan digunakan dalam perancangan ini dapat dipilih sesuai dengan kebutuhan. Arduflyer 2.5 menyediakan 2 jenis *GPS port* yang dapat digunakan untuk menghubungkan *GPS* terhadap *autopilot* (Gambar 4.5).



Gambar 4.5: *GPS* Port pada Arduflyer 2.5

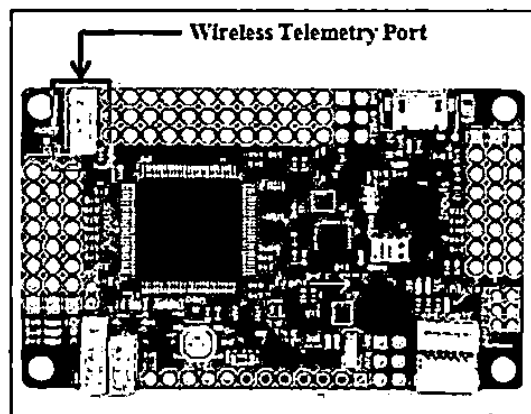
c. Open Source

Arduflyer 2.5 memiliki fitur *open source*, pengguna *autopilot* dapat memodifikasi dan melakukan konfigurasi sesuai dengan spesifikasi

pesawat yang akan digunakan. Pada perancangan ini konfigurasi *autopilot* akan disesuaikan dengan spesifikasi pesawat model Solfix pemantau titik api kebakaran hutan.

d. Kompatibel terhadap *Wireless Telemetry*

Arduflyer 2.5 kompatibel terhadap *wireless telemetry*. Terdapat 1 buah *wireless telemetry port* yang dapat digunakan sebagai *port* penghubung Arduflyer 2.5 terhadap perangkat *wireless telemetry* menggunakan kabel *wireless telemetry* (Gambar 4.6).



Gambar 4.6: *Wireless telemetry Port* pada Arduflyer 2.5

4.1.2 Pemilihan *GPS*

Pada perancangan ini, pemilihan *GPS* akan disesuaikan terhadap spesifikasi Arduflyer 2.5. *GPS* akan berfungsi sebagai media pemandu arah dan identifikasi lokasi pesawat ketika terbang.

Adapun syarat pemilihan *GPS* dijabarkan sebagai berikut:

a. *Standalone GPS*

Standalone GPS adalah *GPS* yang beroperasi melalui gelombang radio langsung dari satelit tanpa memerlukan perantara seperti layaknya *Assited GPS (A-GPS)* yang beroperasi dengan perantara *network resource*. Kemampuan *standalone GPS* dinilai sesuai sebagai pemandu arah dan identifikasi lokasi pesawat dalam

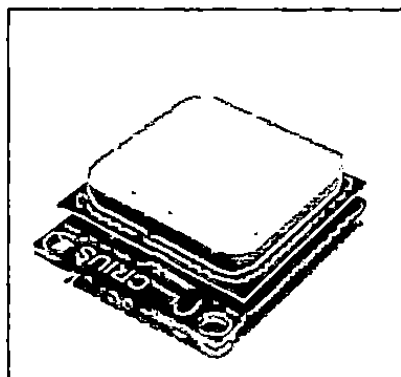
b. *Built-In Antenna*

GPS with Antenna Built In merupakan *GPS* dengan sistem *antenna* yang langsung terpasang pada modul. *GPS* dengan sistem seperti ini akan menghemat ruang pada badan pesawat Solfix dan memudahkan dalam pemasangan. *GPS with Antenna Built In* memiliki konstruksi yang sederhana sehingga penempatan *GPS* pada badan pesawat Solfix dapat lebih bervariasi.

c. *GPS Port*

GPS akan dihubungkan terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan *kabel GPS*, dengan demikian akan dipilih *GPS* yang memiliki *GPS port* yang sama terhadap Arduflyer 2.5 untuk menghubungkan keduanya menggunakan *kabel GPS*.

Dengan mempertimbangkan beberapa persyaratan pemilihan perangkat *GPS* yang telah dijabarkan di atas, maka dipilih *GPS CRIUS-CN-06* (Gambar 4.7). *CRIUS-CN 06* adalah salah satu *GPS* yang dapat digunakan sebagai *GPS* pada perancangan sistem *UAV* pesawat model Solfix.



Gambar 4.7: *GPS Crius CN-06*

Adapun spesifikasi dari *GPS CRIUS CN-06* adalah sebagai berikut:

- *Standalone GPS receiver*
- *u-blox NEO-6M GPS module*
- *EEPROM for save configuration permanently*

- *UART (TTL) port with EMI protection*
- *Rechargeable battery for backup*
- *Dimension: 2,8×3,3 cm*
- *Height: 1,25 cm*
- *Weight: 16.5 gram*

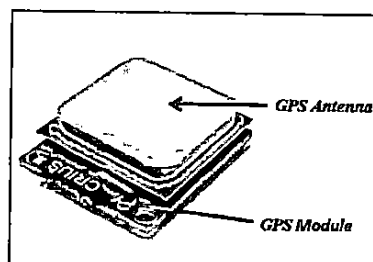
CRIUS CN-06 memenuhi persyaratan sebagai *GPS* pada perancangan ini dengan penjabaran sebagai berikut:

a. *Standalone GPS*

CRIUS CN-06 merupakan jenis *standalone GPS* yang beroperasi melalui gelombang radio yang diterima langsung dari satelit sehingga tidak memerlukan *network resources*.

b. *GPS with Antenna Built-In*

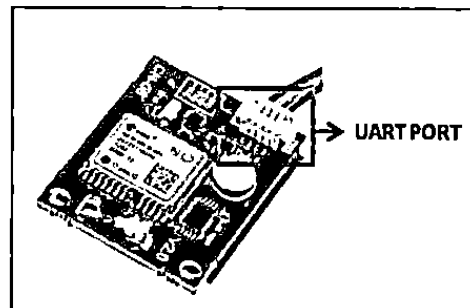
GPS CRIUS CN-06 memiliki *antenna* berukuran 2,5×2,5 cm yang terpasang tepat diatas modul *GPS*. Pemasangan *GPS* CRIUS CN-06 pada badan pesawat model Solfix dapat lebih bervariasi dan menghemat ruang karena *antenna GPS* menyatu terhadap modul *GPS* itu sendiri (Gambar 4.8)



Gambar 4.8: *GPS with Antenna Built In*

c. *GPS Port*

CRIUS CN-06 adalah salah satu *GPS* yang memiliki *GPS port* pada *GPS module* sehingga dapat dihubungkan terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan kabel *GPS* (Gambar 4.9).



Gambar 4.9: UART Port GPS CRIUS CN-06

4.1.3 Pemilihan *Wireless Telemetry*

Adapun persyaratan pemilihan perangkat *wireless telemetry* pada perancangan ini dijabarkan sebagai berikut:

a. Jarak Komunikasi Data Minimum Sejauh 5 Kilometer

Jarak pengiriman data minimum sejauh 5 km adalah salah satu syarat pemilihan perangkat *wireless telemetry*, hal tersebut dilakukan untuk memenuhi salah satu asumsi dalam perancangan ini yaitu terbang menuju titik api kebakaran hutan dengan jangkauan sejauh 5 km. Asumsi perancangan pesawat model Solfix untuk terbang dengan jarak tempuh 5 km menjadikan jarak pandang terhadap pesawat sangat terbatas sehingga dibutuhkan *wireless telemetry* yang mampu mengirim dan menerima data pesawat terhadap GCS dengan jangkauan minimum sejauh 5 km.

b. Memenuhi Regulasi Penggunaan Jaringan Frekuensi di Indonesia

Beberapa negara di dunia memiliki peraturan yang berbeda terhadap penggunaan jaringan frekuensi radio, karena itu pada perancangan ini akan dilakukan pemilihan *wireless telemetry* yang menggunakan jaringan frekuensi yang diizinkan di Indonesia agar *wireless telemetry* dapat beroperasi secara legal.

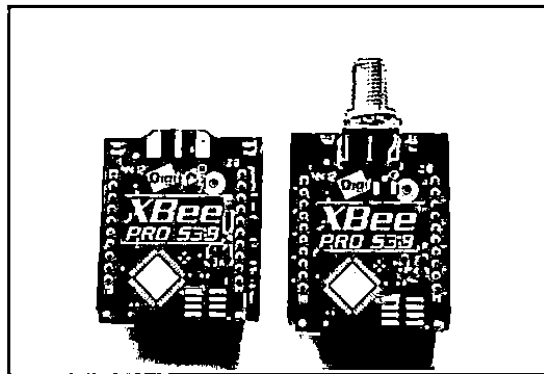
c. External Antenna

Dalam perancangan ini akan dipilih *wireless telemetry* yang memiliki *external antenna*. *External antenna* akan meningkatkan kualitas sinyal pada *wireless telemetry* sehingga pemantauan pesawat secara

d. Kompatibel terhadap X-CTU Software

X-CTU adalah sebuah *software* yang digunakan untuk melakukan konfigurasi *wireless telemetry module*. *Wireless telemetry* harus dikonfigurasi menyesuaikan spesifikasi Arduflyer 2.5 sebagai *autopilot* yang digunakan dalam perancangan ini, oleh sebab itu akan dipilih perangkat *wireless telemetry* yang kompatibel terhadap X-CTU *software*.

Kemampuan *wireless telemetry* dalam beroperasi mengirim dan menerima data dengan jangkauan yang luas dan stabil merupakan aspek terpenting dalam perancangan ini. Pada perancangan ini dipilih Xbee Pro 900 sebagai *wireless telemetry* sebanyak 2 buah untuk dipasang pada pesawat dan GCS (Gambar 4.10). Xbee Pro 900 adalah *wireless telemetry* yang diproduksi oleh DIGI International, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang penyedia perangkat *wireless*.



Gambar 4.10: Xbee Pro 900

Adapun spesifikasi dari Xbee Pro 900 adalah sebagai berikut:

- *Processor* : Cortex M3
- *Frekuensi* : 902 ~ 928 Mhz
- *Antenna* : RPSMA dan U.FL
- *Data Rate* : 10 Kbps atau 200 Kbps
- *Range* : Hingga 14 Km (*dipole antenna*)
- *Transmitt Power* : Hingga 250 mW
- *Supply Voltage* : 2.1 hingga 3.6 VDC

Xbee Pro 900 memenuhi aspek persyaratan pemilihan *wireless telemetry* dalam perancangan ini meliputi jarak minimum, *external antenna* dan dapat dikonfigurasi menggunakan *software* X-CTU. Adapun kemampuan Xbee Pro 900 yang dinyatakan sesuai terhadap pemilihan *wireless telemetry* pada perancangan ini akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Jarak Komunikasi Data Minimum Sejauh 5 km

Berdasarkan *data sheet product*, Xbee Pro 900 memiliki jangkauan komunikasi data hingga 14 Km menggunakan *dipole external antenna*. Jarak tersebut akan dapat ditingkatkan dengan menggunakan *high gain antenna* yang dapat mengakomodasi komunikasi data hingga 45 Km. Jarak komunikasi data tersebut dapat dicapai apabila dalam kondisi tidak ada penghalang dan interferensi dari perangkat elektronik pada pesawat ataupun perangkat yang mentransmisikan gelombang *radio* pada frekuensi yang sama.

b. Memenuhi Regulasi Penggunaan Jaringan Frekuensi di Indonesia

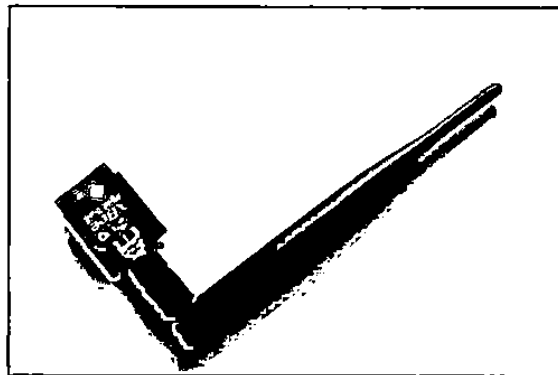
Xbee Pro 900 menggunakan jaringan frekuensi 900 MHz untuk mentransmisikan data dari Xbee Pro 900 pada GCS dan Xbee Pro pada pesawat. Regulasi penggunaan jaringan frekuensi 900 MHz di Indonesia telah diatur oleh: KEPUTUSAN DIREKTUR JENDRAL POS DAN TELEKOMUNIKASI NOMOR: 23/DIRJEN/2004 TENTANG PERSYARATAN TEKNIS ALAT DAN PERANGKAT JARINGAN GLOBALSYSTEM FOR MOBILE 900 MHz / DIGITAL COMUNICATION SYSTEM 1800 MHz yang mengizinkan jaringan frekuensi bebas beroperasi di Indonesia dengan persyaratan *output power* maksimal pemancar 640 W.

Xbee Pro 900 yang digunakan pada perancangan ini memiliki *output power* 10 mW dan 200 mW yang dapat dipilih salah satunya menggunakan *software* yang konfigurasi Xbee Pro 900. Xbee Pro 900 diizinkan dapat beroperasi secara legal di Indonesia karena

memiliki *Output power* yang kurang dari batasan maksimal *output power* regulasi penggunaan jaringan frekuensi di Indonesia yaitu 640 W.

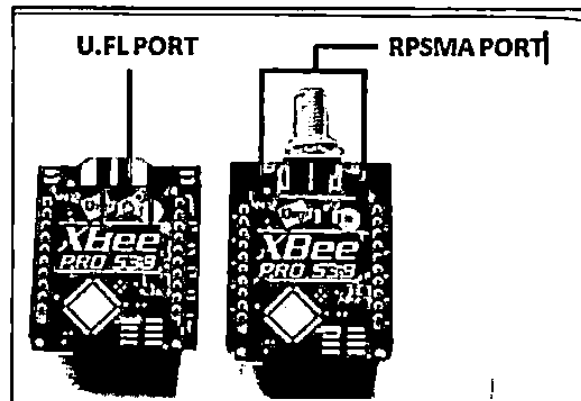
c. *External Antenna*

Xbee Pro 900 memiliki *external antenna* yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal komunikasi data pada GCS dan pesawat. *External antenna* yang digunakan pada Xbee Pro 900 berjenis *dipole antenna* (Gambar 4.11).

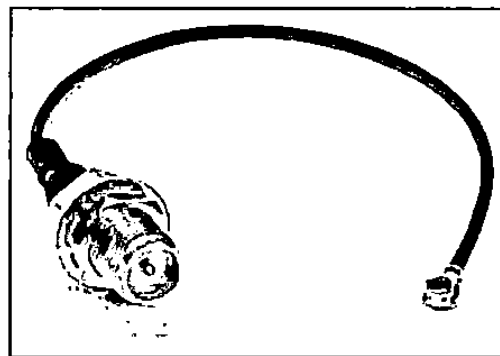


Gambar 4.11: Xbee Pro 900 dengan *Dipole Antenna*

Xbee Pro 900 memiliki 2 jenis *antenna port* yaitu *RPSMA* dan *U.FL port* yang dapat disambungkan terhadap *dipole antenna* ataupun *high gain antenna* (gambar 4.12). Pada GCS akan dipasang Xbee Pro 900 dengan *RPSMA port* sehingga *antenna* dapat langsung dipasang pada modul Xbee Pro 900 tanpa perantara kabel. Pada pesawat model Solfix akan digunakan modul Xbee Pro 900 dengan *U.FL port* yang akan disambung terhadap *antenna* menggunakan kabel *U.FL to RPSMA* (gambar 4.13). Penggunaan modul Xbee Pro 900 dengan *U.FL port* pada pesawat bertujuan agar *antenna* dapat dipasang pada badan pesawat bagian luar



Gambar 4.12: *U.FL Port* dan *RPSMA Port*



Gambar 4.13: Kabel *U.FL to RPSMA*

d. Support X-CTU Software

Xbee Pro 900 dapat di konfigurasi sesuai dengan kebutuhan *GCS* menggunakan X-CTU. Xbee Pro 900 disambung terhadap laptop pada *GCS* menggunakan kabel *USB* untuk kemudian di konfigurasi pada X-CTU sebelum dikoneksikan terhadap *GCS*.

4.1.4 Pemilihan *Ground Control Station (GCS)*

Pemilihan GCS pada perancangan ini bertujuan untuk memilih GCS yang kompatibel terhadap Arduflyer 2.5. Adapun persyaratan pemilihan GCS pada adalah sebagai berikut:

a. Menampilkan Data Pesawat

Pada tahap ini akan dipilih *GCS* yang memiliki fitur untuk menampilkan data pesawat. Beberapa data pesawat yang harus dapat ditampilkan pada *GCS* ketika melakukan penerbangan meliputi:

- Ketinggian pesawat
- Sudut kemiringan pesawat terhadap dinamika lateral dan longitudinal
- Wireles telemetry status
- *GPS Status*
- Posisi pesawat pada peta digital

b. Menampilkan Peta Digital

Peta digital akan menampilkan peta dimana posisi pesawat berada ketika melakukan penerbangan berdasarkan informasi yang diterima oleh *GPS*. Pada perancangan ini akan dipilih *GCS* yang memiliki fitur peta digital untuk mempermudah dalam pemantauan pesawat ketika melakukan penerbangan.

c. Konfigurasi Perangkat *Autopilot*

Salah satu syarat pemilihan *GCS* pada perancangan ini adalah kemampuan *GCS* untuk mengkonfigurasi *Arduflyer 2.5*. Adapun konfigurasi *Arduflyer 2.5* yang akan dilakukan pada *GCS* adalah sebagai berikut:

- **Pemilihan Jenis Kendaraan Model**

Arduflyer 2.5 adalah *autopilot* yang dapat mengakomodasi beberapa kendaraan model sekaligus, seperti pesawat, helikopter, multikopter, mobil, dan *boat*. *GCS* yang akan dipilih pada perancangan ini harus memiliki fitur untuk mengkonfigurasi *Arduflyer 2.5* dalam hal pemilihan jenis kendaraan model yang

- **Konfigurasi *Hardware* Tambahan pada *Autopilot***

Hardware tambahan adalah perangkat tambahan yang dipasang pada perangkat *autopilot* untuk berbagai kebutuhan tertentu. Salah satu *hardware* tambahan yang harus dikonfigurasi pada *GCS* adalah *power module* yang merupakan sensor dan kabel penghubung *autopilot* terhadap batere. Konfigurasi *hardware* tambahan pada perangkat *autopilot* harus dapat diakomodasi oleh *GCS* yang akan dipilih agar data yang berasal dari *hardware* tambahan tersebut dapat ditampilkan pada *GCS*.

- **Parameter Penerbangan**

Parameter penerbangan pada konfigurasi *autopilot* adalah parameter yang digunakan untuk mengkonfigurasi bidang kemudi dan navigasi ketika pesawat diterbangkan secara *autonomous*.

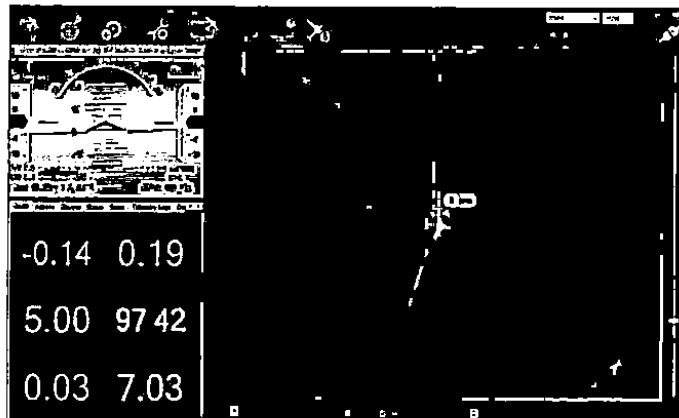
d. *Flight Mode*

Arduflyer 2.5 memiliki beberapa *flight mode* atau metode penerbangan, diantaranya *Auto*, *Fly by wire*, *Stabilize*, dan *Return to Lunch*. Untuk mengakomodasi segala kebutuhan dalam pemilihan *flight mode* pada *autopilot* maka dalam perancangan ini akan dipilih *GCS* yang memiliki fitur dalam pemilihan *flight mode*.

e. *Dapat Menentukan Waypoint*

Penentuan *waypoint* adalah syarat terpenting dalam pemilihan sebuah *GCS*. Penentuan *waypoint* bertujuan untuk merancang jalur penerbangan pesawat. *GCS* harus dapat menentukan serta mengkalkulasi jarak antar *waypoint* dan ketinggian pesawat pada setiap *waypoint* ketika melakukan penerbangan.

Terdapat banyak jenis *GCS* yang dapat digunakan pada perancangan sistem *UAV* pesawat model, salah satunya adalah Mission Planner (Gambar 4.14). Dalam perancangan ini dipilih Mission Planner sebagai *GCS* yang akan menampilkan data pesawat secara *real time*, melakukan

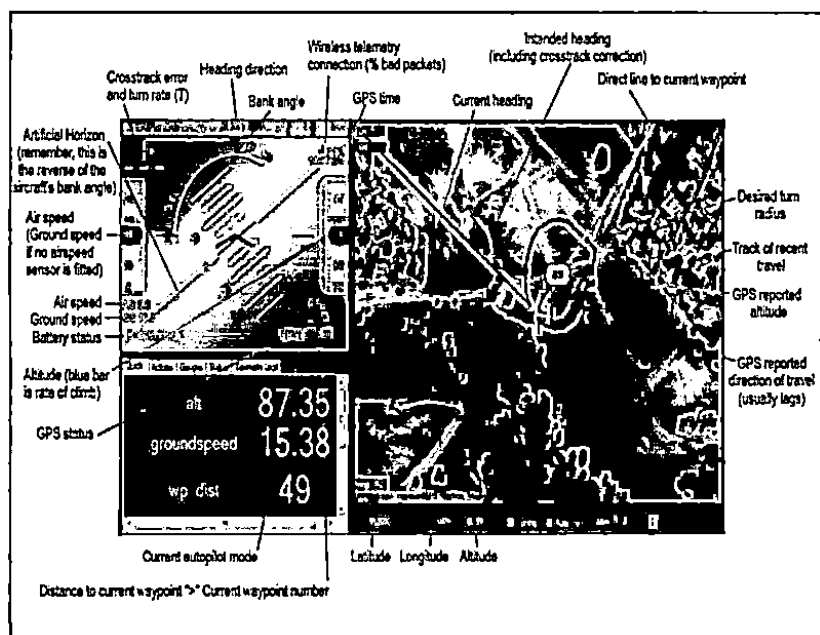


Gambar 4.14: Tampilan Mission Planner

Adapun dipilihnya Mission Planner sebagai *GCS* karena memiliki fitur yang mencakupi semua persyaratan pemilihan *GCS* pada perancangan ini yang meliputi:

a. Menampilkan Data Pesawat

Mission Planner dapat menampilkan data pesawat yang diperoleh dari Arduflyer 2.5 pada pesawat (Gambar 4.15).



Gambar 4.15: Data Pesawat pada Mission Planner

(<http://diydrones.com/>, 2 November 2013)

Adapun data pesawat yang dapat dipantau melalui Mission Planner ketika melakukan penerbangan diantaranya:

- ***Altitude***

Altitude adalah ketinggian pesawat yang dipantau pada Mission Planner. Ketinggian pesawat dapat dipantau ketika Mission Planner dihubungkan terhadap pesawat dengan menggunakan media *wireless telemetry*. *Altitude* ditampilkan pada Mission Planner menggunakan satuan meter.

- ***Ground Speed***

Ground speed adalah kecepatan pesawat ketika melakukan penerbangan. *Ground speed* yang ditampilkan pada Mission Planner menggunakan satuan meter per detik ataupun kilometer per jam.

- ***Distance to Waypoint***

Distance to waypoint merupakan salah satu fitur dari Mission Planner yang memberikan informasi jarak pesawat terhadap *waypoint* yang sedang dituju ketika melakukan penerbangan secara *autonomous*. *Distance to waypoint* ditampilkan pada Mission Planner menggunakan satuan meter.

- ***Yaw***

Yaw adalah indikator pesawat ketika melakukan pergerakan terhadap sumbu vertikal yang digerakan oleh *rudder* pada ekor pesawat. *Yaw* ditampilkan pada Mission Planner menggunakan satuan derajat.

- ***Vertical Speed***

Vertical Speed adalah indikator yang menunjukkan kecepatan menaik atau menurun pesawat yang dipantau. Kecepatan menaik dan menurun pada Mission Planner menggunakan satuan meter per detik.

- ***Distance to Mavlink***

Distance to Mavlink adalah indikator pada Mission Planner yang menunjukkan jarak pesawat yang dipantau terhadap *GCS*. *Distance to Mavlink* menggunakan satuan meter.

- **Bank Angle**

Bank Angle pada Mission Planner adalah indikator sudut kemiringan pesawat terhadap segala sumbu baik itu vertikal maupun horizontal. *Bank angle* dipresentasikan dalam bentuk grafik animasi secara *real time* dengan *user interface* yang mudah dimengerti

- **Telemetry Status**

Telemetry Status adalah indikator kualitas sinyal *wireless telemetry* yang menghubungkan GCS terhadap pesawat.

- **GPS Status**

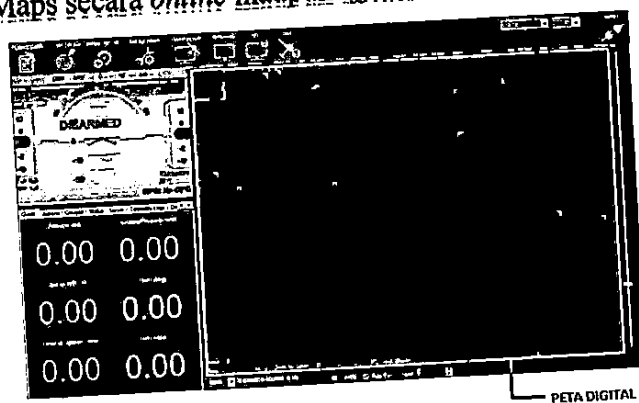
GPS status adalah indikator yang menampilkan status *GPS* ketika melakukan penerbangan.

- **Aircraft Position**

Aircraft Position adalah indikator yang menunjukkan keberadaan pesawat pada peta digital yang terdapat pada Mission Planner

b. Menampilkan Peta Digital

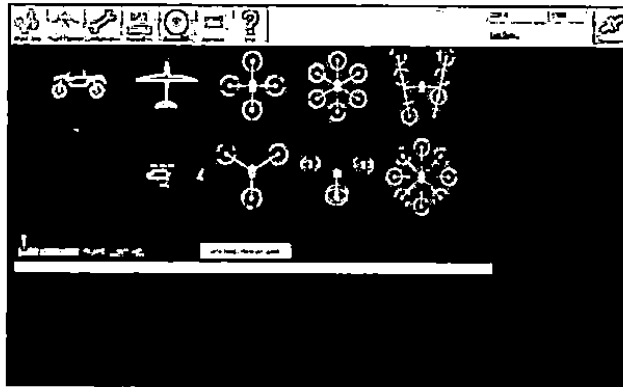
Mission Planner dapat menampilkan peta *digital* yang terintegrasi terhadap berbagai situs penyedia peta digital seperti Google Maps dan Yahoo Maps secara *online* maupun *offline* (Gambar 4.16).



Gambar 4.16: Peta Digital Mission Planner

c. Konfigurasi *Autopilot*

Konfigurasi *autopilot* yang dapat dilakukan oleh Mission Planner meliputi konfigurasi jenis kendaraan model yang digunakan jenis pesawat model, kapasitas baterai, parameter penerbangan dan konfigurasi lainnya (Gambar 4.17).



Gambar 4.17: Konfigurasi Jenis Kendaraan Model pada Mission Planner

d. Pemilihan *Flight Mode*

Mission Planner memiliki fitur pemilihan *flight mode* yang dapat dihubungkan dengan perangkat *radio control* pada pesawat sehingga pemilihan *flight mode* akan lebih mudah ketika penerbangan (Gambar 4.18).

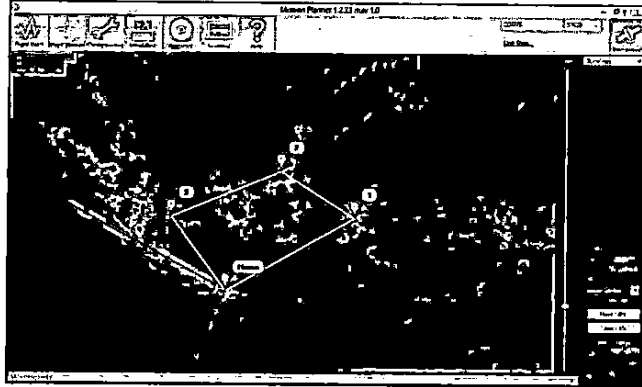


Gambar (4.18): Pemilihan *Flight Mode* pada Mission Planner

e. Penentuan *Waypoint*

Penentuan *waypoint* pada Mission Planner dapat dilakukan dengan metode *click and drag* pada peta digital yang ditampilkan Mission

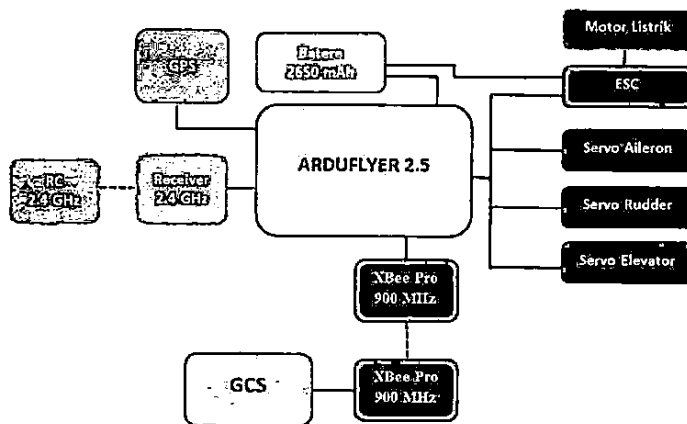
Planner (Gambar 4.19). Mission Planner dapat mengkalkulasikan jarak antar *waypoint* serta menentukan ketinggian pesawat pada setiap *waypoint*.



Gambar 4.19: Penentuan *Waypoint* pada Mission Planner

4.2 Pemasangan Perangkat Sistem UAV

Setelah pemilihan perangkat sistem UAV, maka tahap selanjutnya adalah pemasangan perangkat sistem UAV tersebut pada badan pesawat. Pada tahap ini akan dilakukan beberapa perubahan terhadap konstruksi dari badan pesawat agar perangkat sistem UAV dapat terpasang. Adapun skema pemasangan sistem UAV pada pesawat model Solfix dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20: Skema Pemasangan Sistem UAV pada Pesawat Model Solfix

Pemasangan sistem *UAV* pada badan pesawat model Solfix dijabarkan sebagai berikut:

4.2.1 Pemasangan *Autopilot*

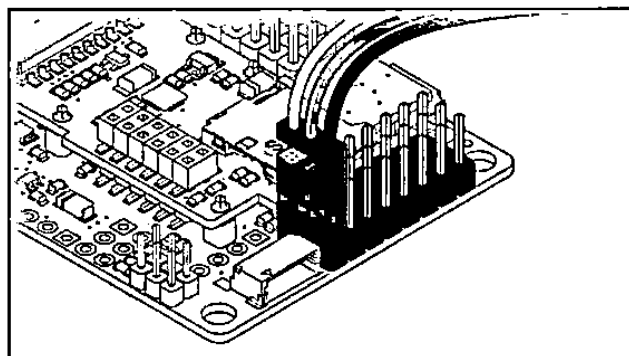
Autopilot pada perancangan ini yaitu Arduflyer 2.5 dipasang pada bagian yang dipersiapkan khusus untuk peletakan *autopilot* yang disebut *autopilot canopy*. *Autopilot canopy* di rancang khusus sebagai tempat peletakan *autopilot* yang bertujuan untuk memudahkan akses ketika konfigurasi *autopilot*.

Adapun tahapan pemasangan *autopilot* pada pesawat model Solfix adalah sebagai berikut:

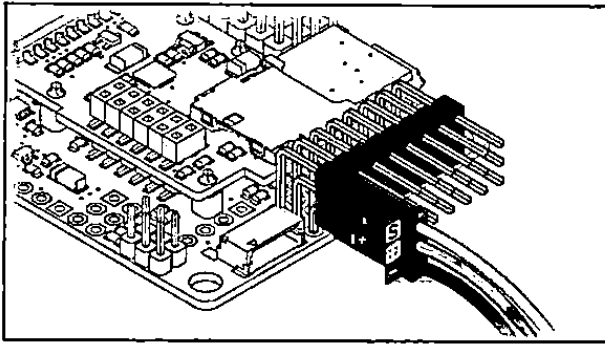
a. Persiapan *Autopilot*

Arduflyer 2.5 memiliki bagian terpisah antara *autopilot board* dan *connector pin* yang berfungsi menghubungkan Arduflyer 2.5 terhadap bidang kemudi pesawat dan *radio receiver* dan *servo* bidang kemudi pesawat. Terdapat 2 jenis *connector pin* pada Arduflyer 2.5, yaitu *vertical pin* (Gambar 4.21) dan *horizontal pin* (Gambar 4.22) yang dapat dipilih untuk kemudian disambungkan terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan solder.

Dalam perancangan ini akan digunakan *vertical pin* karena memiliki kemudahan dalam akses penempatan kabel serta tidak menambah penggunaan dimensi dari *autopilot canopy*.



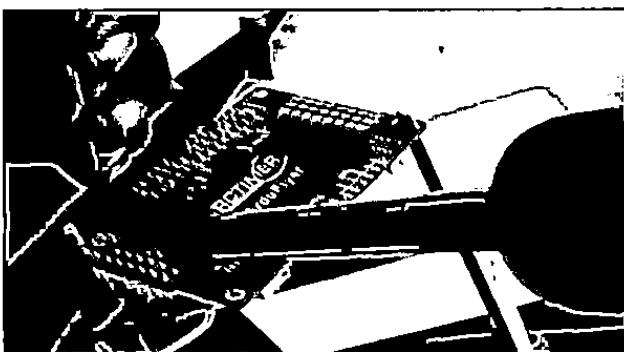
Gambar 4.21: *Vertical Pin Connector*
(www.diydrone.com, 19 September 2013)



Gambar 4.22: *Horizontal Pin Connector*
(www.diydrones.com, 19 September 2013)

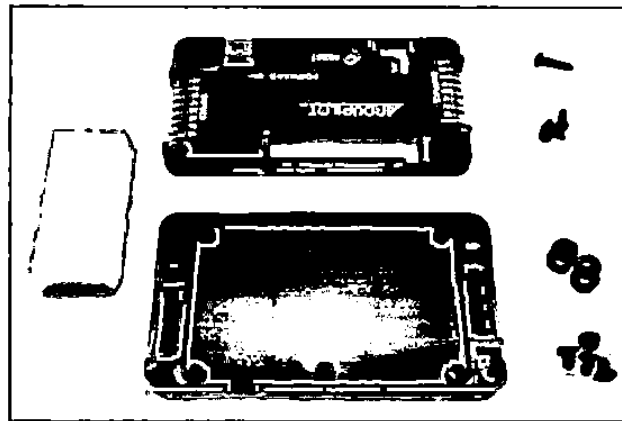
Vertical pin disambung terhadap *autopilot board* Arduflyer 2.5 menggunakan solder. Penyolderan dilakukan satu persatu pada setiap pin terhadap *autopilot board* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- *Autopilot board* Arduflyer 2.5 serta *vertical pin input* dan *output* dipersiapkan untuk proses penyolderan.
- Solder dan kawat solder dipersiapkan hingga solder siap digunakan.
- *Input vertical pin* dipasang ke bagian lubang *input connector pin* yang terdapat pada *autopilot board* Arduflyer 2.5.
- kaki-kaki *input vertical pin* di solder satu persatu pada bagian bawah *autopilot board* Arduflyer 2.5 hingga terpasang hingga kuat dan dilakukan hal yang sama terhadap *output vertical pin* (gambar 4.23).



Gambar 4.23: Penyolderan input dan output pin pada autopilot

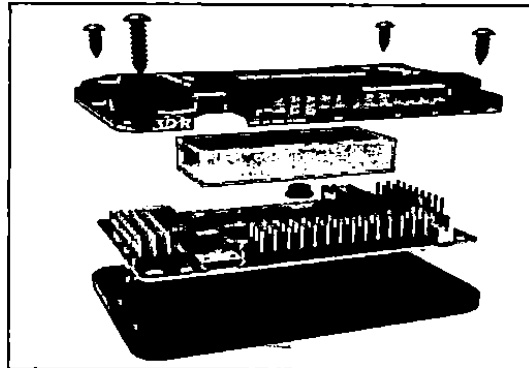
Setelah tahap penyolderan *vertical connector pin* selesai, langkah berikutnya dalam persiapan *autopilot* adalah pemasangan *Arduflyer 2.5 enclosure*. *Arduflyer 2.5 enclosure* adalah *cover* atau pelindung *Arduflyer 2.5* dari perangkat lain yang berada pada badan pesawat (Gambar 4.24).



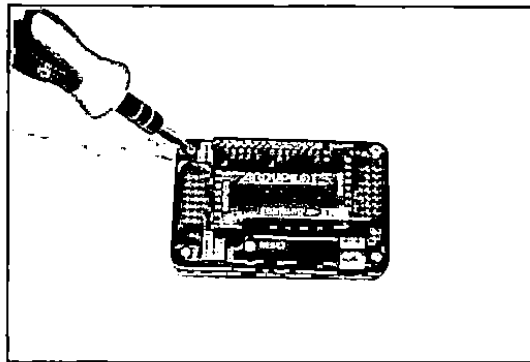
Gambar 4.24: *Arduflyer 2.5 Enclosure*

Adapun langkah pemasangan *Arduflyer 2.5 enclosure* adalah sebagai berikut:

- Arduflyer 2.5 board, Arduflyer 2.5 enclosure, serta mur dan baut 3 mm dipersiapkan untuk dilakukan pemasangan.
- Siapkan dudukan Arduflyer 2.5
- *Arduflyer 2.5 enclosure* dipasang terhadap *autopilot board* sesuai dengan ilustrasi pada gambar 4.25.
- Keempat sisi pada *Arduflyer 2.5 enclosure* dikencangkan menggunakan mur dan baut berukuran 3 mm (Gambar 4.25)



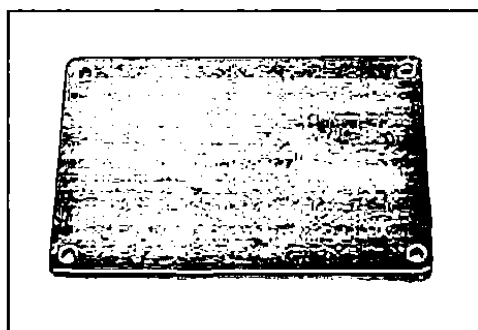
Gambar 4.25: Ilustrasi Pemasangan Arduflyer 2.5 *Enclosure*
(www.diydrones.com, 20 September 2013)



Gambar 4.26: Pemasangan mur dan baut pada
Arduflyer 2.5 *enclosure*

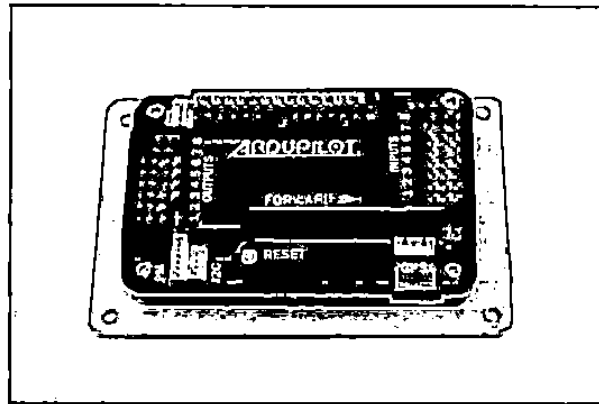
b. Pembuatan Dudukan *Autopilot* pada Badan Pesawat

Dudukan *autopilot* berguna sebagai pondasi Arduflyer 2.5 yang akan dipasang pada badan pesawat model Solfix (Gambar 4.27). Dudukan terbuat dari lempengan plastik dengan ukuran panjang 8,5 cm dan lebar 5 cm yang akan dipasang pada bagian bawah Arduflyer 2.5 *enclosure* kemudian ditempatkan di bagian tengah badan pesawat model Solfix.



Gambar 4.27: Dudukan *Autopilot*

Pemasanganudukan Arduflyer 2.5 pada badan pesawat model Solfix menggunakan mur berukuran diameter 0,2 cm dan panjang 2 cm yang sekaligus digunakan sebagai mur pengencang Arduflyer 2.5 enclosure (Gambar 4.28)

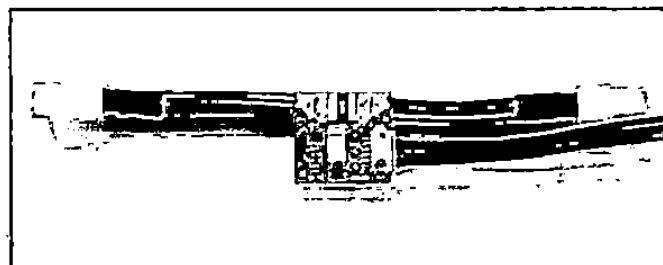


Gambar 4.28: Arduflyer 2.5 dipasang pada dudukan *autopilot* menggunakan baut Arduflyer 2.5 Enclosure

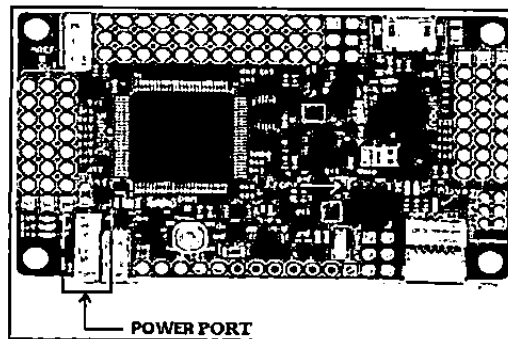
c. Pemasangan *Power Module*

Power module berfungsi sebagai media penyambung antara Arduflyer 2.5 dan batere yang digunakan sebagai *power source* (Gambar 4.29). Arduflyer 2.5 menggunakan *power input* dengan daya sebesar 5v yang bersumber dari batere pesawat model Solfix bekapasitas 2650 mAh.

Batere dihubungkan dengan perangkat *autopilot* Arduflyer 2.5 dengan menggunakan *power module* yang dipasang pada *power port* yang terdapat pada Arduflyer 2.5 (Gambar 4.30).



Gambar 4.29: Arduflyer 2.5 Power Module



Gambar 4.30: *Power Port* Arduflyer 2.5

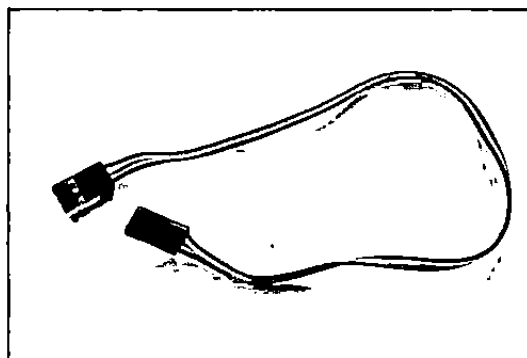
d. Pemasangan *Autopilot* Pada Pesawat

Pemasangan *autopilot* pada pesawat bagian *autopilot canopy* dilakukan dengan cara mengunci dudukan *autopilot* pada *autopilot canopy* menggunakan mur dan baut. Adapun arah pemasangan *autopilot* terhadap pesawat model Solfix yaitu bagian *input pin* berada pada arah depan pesawat serta bagian *output pin* berada pada arah belakang pesawat.

e. Penyambungan *Autopilot* Terhadap Bidang Kemudi Pesawat

Bidang kemudi pesawat model Solfix terdiri dari 4 bagian yaitu *aileron*, *rudder*, dan *elevator* yang masing-masing digerakan oleh sebuah *servo*. Selain itu terdapat sebuah motor listrik sebagai motor penggerak yang digunakan pesawat model Solfix.

Bidang kemudi pesawat dihubungkan terhadap perangkat *autopilot* menggunakan kabel *servo lead* (Gambar 4.32) pada bagian *input* dan *output* pada perangkat *autopilot* Arduflyer 2.5.

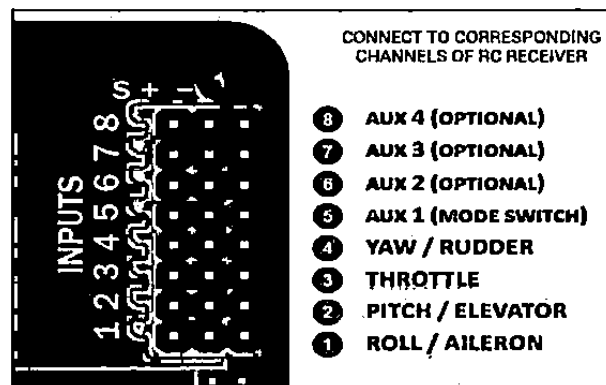


Gambar 4.32: Kabel *Servo Lead*

Bagian *input* pada Arduflyer 2.5 dihubungkan dengan *radio receiver* dengan posisi penempatan kabel sebagai berikut:

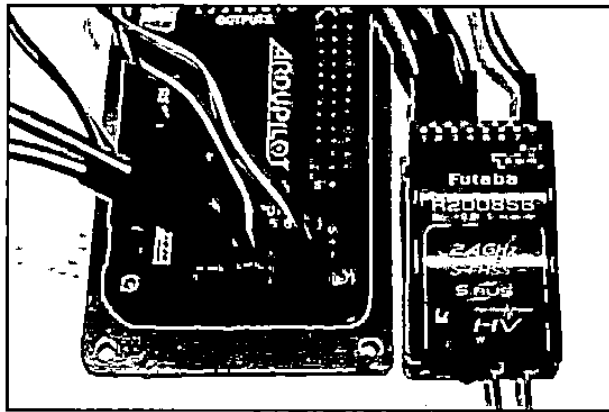
- *Port 1* pada *radio receiver* yang merupakan bidang kemudi *aileron* dihubungkan terhadap *input port 1* pada Arduflyer 2.5
- *Port 2* pada *radio receiver* yang merupakan bidang kemudi *elevator* dihubungkan terhadap *input port 2* pada Arduflyer 2.5
- *Port 3* pada *radio receiver* yang merupakan kontrol *throttle* dihubungkan terhadap *input port 3* pada Arduflyer 2.5
- *Port 4* pada *radio receiver* yang merupakan bidang kemudi *rudder* dihubungkan terhadap *input port 4* pada Arduflyer 2.5
- *Port 8* pada *radio receiver* yang merupakan *switch mode channel* dihubungkan terhadap *input port 8* pada Arduflyer 2.5

Untuk lebih jelas dapat diperhatikan ilustrasi pada Gambar 4.33 tentang penempatan kabel dari *radio receiver* terhadap Arduflyer 2.5 input.



Gambar 4.33: Ilustrasi Penempatan Kabel dari *Radio Receiver* Terhadap Arduflyer 2.5 Input
(www.diydrones.com, 19 September 2013)

Penempatan semua kabel ditempatkan pada posisi yang tepat dan kencang agar tidak terjadi kesalahan dalam *input* yang diterima Arduflyer 2.5 dari *radio receiver*. Pada perancangan ini hasil penyambungan *radio receiver* terhadap Arduflyer 2.5 input dapat

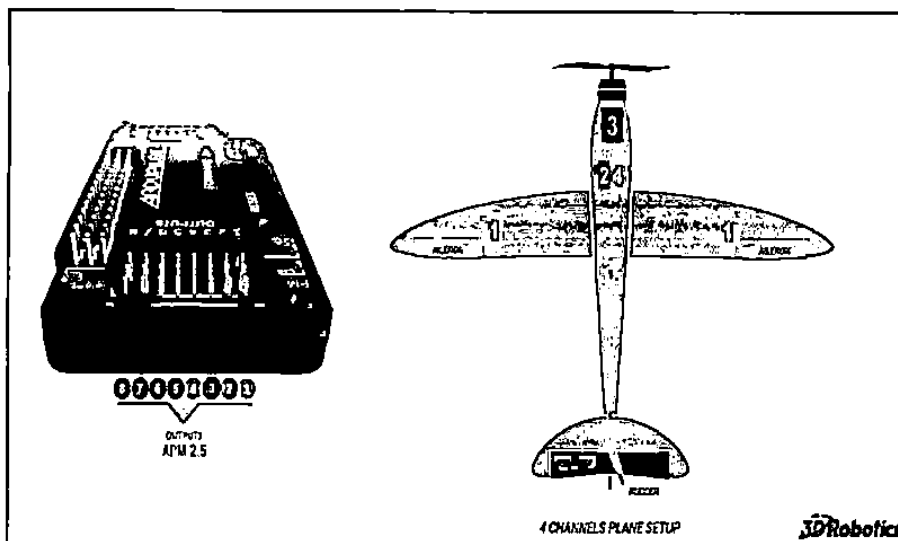


Gambar 4.34: Penyambungan *radio receiver* terhadap Arduflyer 2.5 *input*

Setelah Arduflyer 2.5 terhubung dengan *radio receiver*, langkah selanjutnya adalah menghubungkan Arduflyer 2.5 terhadap *servo-servo* yang menggerakkan bidang kemudi pesawat model Solfix. *Servo* penggerak bidang kemudi dihubungkan dengan Arduflyer 2.5 pada bagian *output* menggunakan kabel *servo lead* dengan posisi penempatan sebagai berikut:

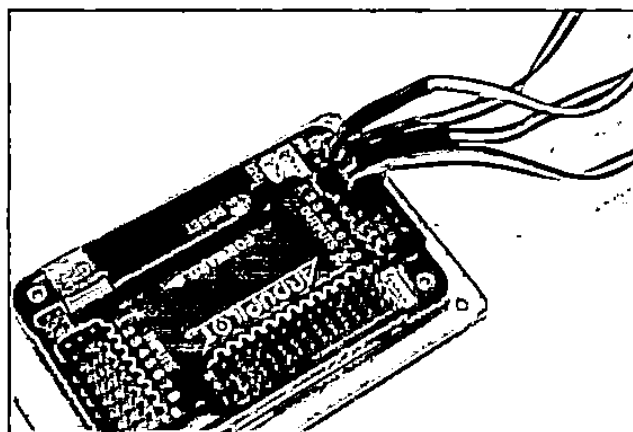
- Kabel *servo lead* dari *servo* penggerak *aileron* dihubungkan terhadap *output port 1* pada Arduflyer 2.5
- Kabel *servo lead* dari *servo* penggerak *elevator* dihubungkan terhadap *output port 2* pada Arduflyer 2.5
- Kabel *servo lead* dari *servo* penggerak motor listrik dari *ESC* dihubungkan terhadap *output port 3* pada Arduflyer 2.5
- Kabel *servo lead* dari *servo* penggerak *rudder* dihubungkan terhadap *output port 4* pada Arduflyer 2.5

Untuk lebih jelas dapat diperhatikan ilustrasi pada gambar 4.35 tentang penempatan kabel dari *servo* dan *ESC* terhadap Arduflyer 2.5 *output*. Untuk lebih jelas dapat diperhatikan pada

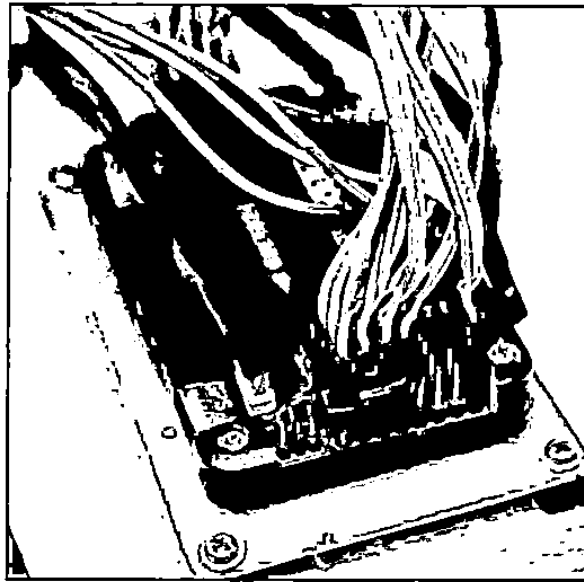


Gambar 4.35: Ilustrasi Penempatan Kabel dari *Servo* dan *ESC* Terhadap *Output* Arduflyer 2.5 (www.diydrones.com 19 September 2013)

. Pada perancangan ini hasil penyambungan kabel dari servo bidang kemudi terhadap Arduflyer 2.5 *output* dapat dilihat pada Gambar 4.36. Penempatan semua kabel ditempatkan pada posisi yang tepat dan kencang agar tidak terjadi kesalahan pergerakan bidang kemudi pada pesawat model Solfix (Gambar 4.37)

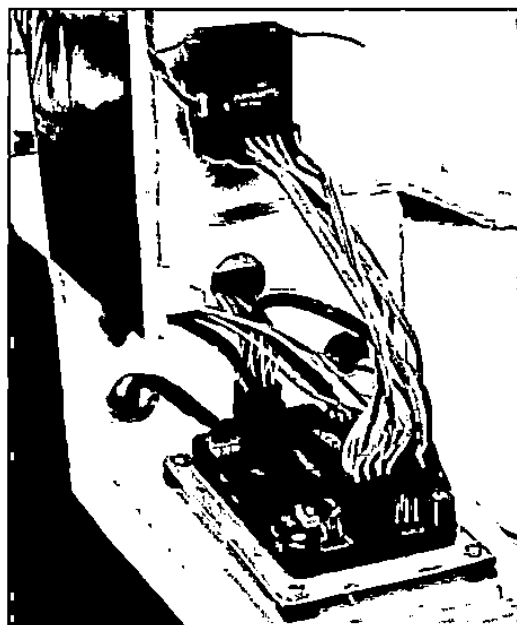


Gambar 4.36: Penyambungan servo bidang kemudi pesawat terhadap



Gambar 4.37: Kabel *Servo* dipasang dengan Kencang pada Arduflyer 2.5

Pada perancangan ini Arduflyer 2.5 diletakan pada *autopilot canopy* yang memang didisain khusus untuk penempatan *autopilot* dan radio receiver pada bagian depan pesawat model Solfix (Gambar 4.38).



Gambar 4.38: Arduflyer 2.5 dan Radio Receiver Ditempatkan Pada

4.2.2 Pemasangan GPS

Pemasangan *GPS* pada badan pesawat model Solfix dilakukan setelah tahap pemasangan Arduflyer 2.5, hal ini dilakukan agar dapat memastikan ukuran panjang kabel yang akan digunakan untuk menghubungkan *GPS* terhadap Arduflyer 2.5.

GPS yang digunakan dalam perancangan ini adalah CRIUS-CN06 dengan spesifikasi *built in antenna*. *GPS* dengan spesifikasi *built in antenna* memiliki *antenna* yang melekat pada modul *GPS* sehingga untuk mendapatkan sinyal *GPS* yang baik, modul *GPS* harus ditempatkan pada badan pesawat bagian luar dengan posisi *antenna* selalu menghadap ke langit (*face to the sky*).

Pada perancangan ini *GPS* akan dipasang di bagian atas pesawat, 5 cm didepan sayap. Pemasangan *GPS* di bagian atas pesawat dilakukan agar *antenna GPS* dapat menghadap langit dan tidak terhalang oleh bagian lain dari pesawat. *GPS* dipasang didepan sayap pesawat dengan tujuan agar sayap pesawat mudah dilepas dan dipasang kembali tanpa terhalang oleh *GPS*.

a. Persiapan *GPS*

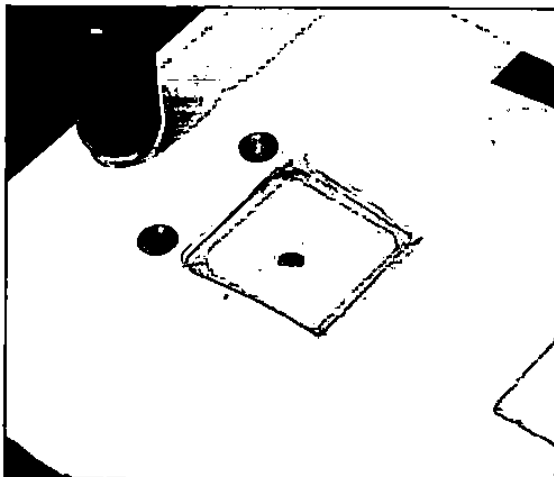
Adapun alat dan bahan yang perlu dipersiapkan sebelum pemasangan *GPS* pada bada pesawat adalah sebagai berikut:

- Modul *GPS*
- Kabel *GPS*
- Cutter
- Lem CA
- Mur dan baut diameter 5 mm

b. Pemasagan *GPS* Pada Badan Pesawat

Posisi *GPS* pada badan pesawat harus menghadap ke langit (*face to the sky*), karena itu pemasangan *GPS* pada badan pesawat akan dilakukan dengan membuat lubang persegi dengan ukuran panjang 4,5 cm dan lebar 4 cm pada badan pesawat bagian atas tepat 10 cm di depan sayap (Gambar 4.30). Pembuatan lubang

berbentuk persegi pada badan pesawat menggunakan cutter dan bor tangan.



Gambar 4.39: *GPS* pada pesawat model Solfix

Pemasangan *GPS* dilakukan dengan menempatkan *GPS* pada bagian yang telah disediakan kemudian kunci menggunakan mur. Pastikan *GPS* terpasang dengan kuat agar tidak terjadi getaran yang berlebih akibat pemasangan *GPS* yang kurang kencang.

c. Penyambungan *GPS* Terhadap Perangkat *Autopilot*

Penyambungan *GPS* terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan kabel *GPS*. Posisi modul *GPS* yang berada diatas badan pesawat membutuhkan kabel sepanjang 15 cm.

Salah satu ujung kabel *GPS* dipasang pada *port* yang terletak pada modul *GPS* kemudian kabel *GPS* dimasukan kedalam badan pesawat melalui lubang kabel *autopilot canopy*. Sisi kabel *GPS* pada badan pesawat kemudian dipasangkan pada *GPS port* Arduflyer 2.5. Kabel dipasang dengan sempurna dan tidak terjepit atau terhalang salah satu bagian dari badan pesawat agar tidak terlenas ketika pesawat melakukan penerbangan

4.2.3 Pemasangan *Wireless Telemetry*

Wireless telemetry yang akan dipasang pada badan pesawat model Solfix adalah Xbee Pro 900 dengan spesifikasi *antenna wireless telemetry*. Xbee Pro 900 akan dipasang pada sisi kiri badan pesawat bagian dalam dengan *antenna* diletakan pada bagian bawah badan pesawat bagian luar.

a. Persiapan *Wireless Telemetry*

Adapun persiapan alat dan bahan yang akan digunakan pada tahap pemasangan Xbee Pro 900 adalah sebagai berikut:

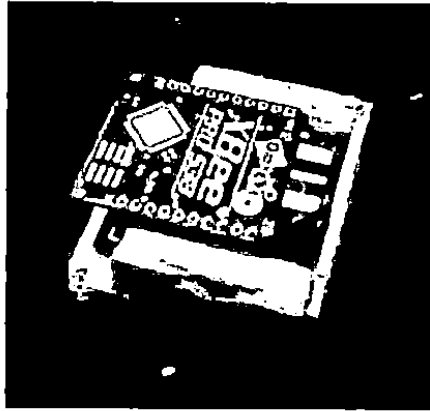
- Modul Xbee Pro 900
- *Dipole Antenna*
- Kabel *U.FL to RPSMA* 20 cm
- Kayu Balsa 10×10 cm
- *Cutter*
- Bor Tangan dengan mata bor berukuran 10 mm
- Lem CA

b. Pembuatan Dudukan *Wireless Telemetry*

Dudukan Xbee Pro 900 menggunakan sistem jepit. Xbee Pro 900 akan dijepit di kedua sisinya menggunakan kayu Balsa dan ditambahkan sebuah pondasi dibagian bawah penjepit untuk menahan agar tidak berubah posisi karena getaran dari pesawat.

Adapun pembuatan dudukan Xbee Pro 900 akan dijabarkan sebagai berikut:

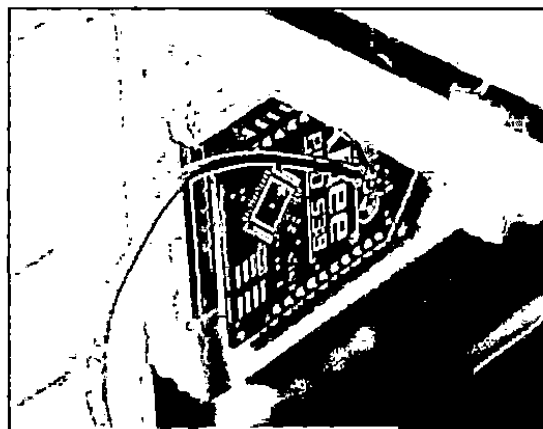
- Penjepit modul Xbee Pro 900 dibuat sebanyak 2 buah menggunakan kayu balsa dengan panjang 3,5 cm serta lebar 1 cm dengan bantuan *cutter*
- Pondasi modul Xbee Pro 900 dibuat menggunakan kayu balsa dengan panjang 3 cm dan lebar 4 cm menggunakan *cutter*
- Penjepit direkatkan pada pondasi hingga berbentuk huruf “U”



Gambar 4.40: Penjepit dan pondasi Xbee Pro 900

- Pondasi Xbee Pro 900 dipasang pada sisi kiri bagian dalam badan pesawat menggunakan lem kayu (Gambar 4.41)

Setelah dudukan modul Xbee Pro 900 telah rekat sempurna pada badan pesawat, Modul Xbee Pro 900 dipasang pada dudukan tersebut. Xbee Pro 900 dipasang sempurna dan tidak terdapat rongga antara kedua sisi penjepit agar tidak terlepas ketika pesawat mengalami getaran yang kuat.



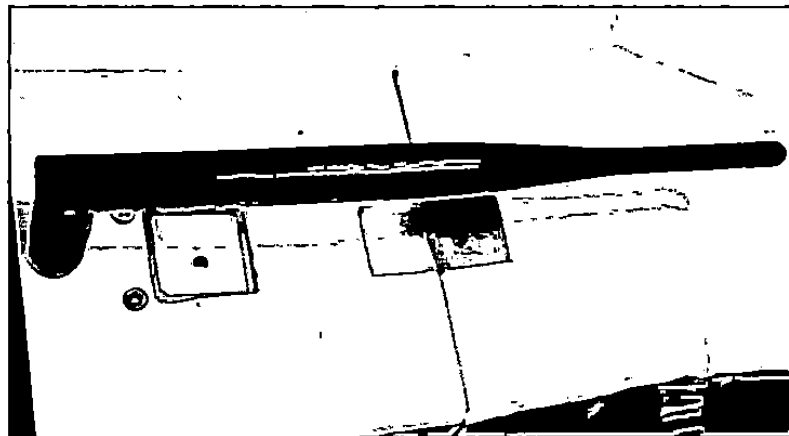
Gambar 4.41: Dudukan Xbee Pro 900 pada Badan Pesawat Model Solfix

c. Pemasangan *Wireless Telemetry Antenna* Pada Badan Pesawat

Antenna Xbee Pro 900 yang akan dipasang pada badan pesawat model Solfix adalah *antenna* berjenis *dipole antenna* berukuran panjang 20 cm serta diameter 1 cm. *antenna* akan

dipasang di sisi atas bagian luar badan pesawat. Adapun pemasangan *antenna* pada pesawat dijabarkan sebagai berikut:

- *Dipole antenna* Xbee Pro 900, kabel *U.FL to RPSMA* dipersiapkan untuk dilakukan pemasangan
- Lubang dengan diameter 1 cm dibuat pada sisi atas bagian luar badan pesawat, tepatnya 5 cm didepan sayap menggunakan bor tangan dengan mata bor berukuran 10 mm
- Kabel *U.FL to RPSMA* dipasang pada lubang yang telah dibuat dengan posisi *RPSMA* port menempel pada lubang, kencangkan dengan menggunakan baut yang terdapat pada port *RPSMA*
- Kabel bagian *U.FL* dipasang pada port *antenna* Xbee Pro 900
- *Dipole antenna* pada port *RPSMA* diasang dan diperiksa kembali apakah *antenna* dan kabel sudah terpasang secara sempurna (Gambar 4.42)

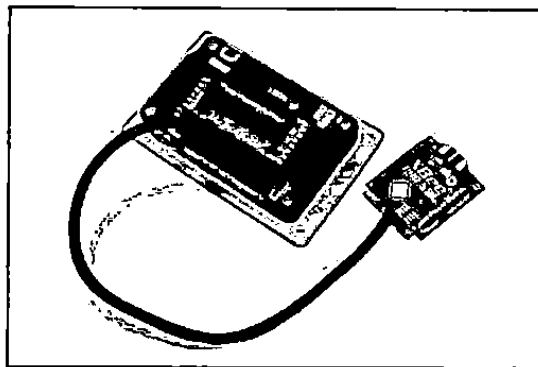


Gambar 4.42: Xbee Pro 900 *Antenna* pada Badan Pesawat

d. Penyambungan *Wireless Telemetry* Terhadap Perangkat *Autopilot*

Xbee Pro 900 yang telah terpasang pada badan pesawat selanjutnya akan disambung terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan kabel *telemetry* dengan peniang 10 cm (Gambar 4.43)

Salah satu sisi kabel *telemetry* dipasang pada port kabel Xbee Pro 900, kemudian dipasikan kembali bahwa kabel terpasang dengan sempurna. Setelah itu sisi kabel *telemetry* lainnya dipasang pada *telemetry port* Arduflyer 2.5, melewati lubang yang telah disediakan pada *autopilot canopy*, pastikan kabel terpasang dengan sempurna.



Gambar 4.43: Penyambungan Xbee Pro 900 terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan media kabel *wireless telemetry*

4.3 Perancangan *Ground Control Station (GCS)*

GCS terhubung dengan pesawat melalui perangkat *wireless telemetry* untuk melakukan komunikasi data secara *real time* ketika melakukan penerbangan.

Adapun peralatan yang diperlukan dalam perancangan *GCS* adalah sebagai berikut:

- Laptop dengan sistem operasi Windows 7
- *GCS software*
- *Wireless Telemetry*
- Modem Internet

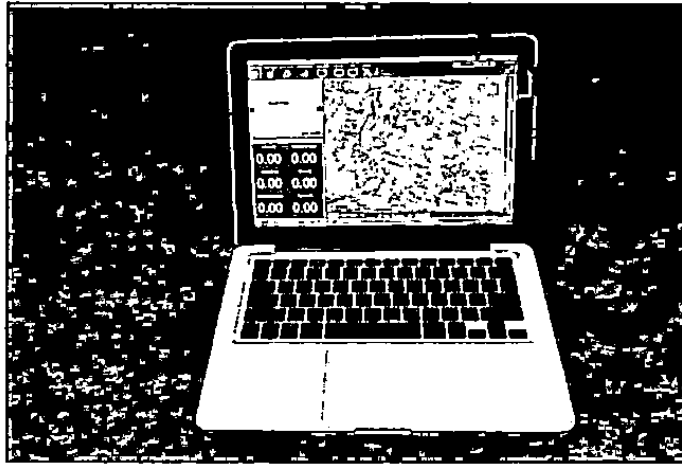
4.3.1 Persiapan Laptop

Penggunaan laptop pada *GCS* memberikan kemudahan dalam menentukan lokasi *GCS* yang akan memantau data dari pesawat.

Laptop yang digunakan pada *GCS* harus memiliki ketahanan yang

baik karena akan digunakan di luar ruangan dimana lokasi *GCS* ditetapkan (Gambar 4.44)

Kondisi laptop dipastikan kembali agar laptop selalu dalam keadaan baik dan batere laptop dalam keadaan penuh agar dapat beroperasi selama penerbangan berlangsung.



Gambar 4.44: Laptop *GCS*

Adapun laptop yang digunakan pada *GCS* menggunakan sistem operasi Windows dengan spesifikasi sebagai berikut:

- *Processor* : 2.26GHz Intel Core 2 Duo
- *Memory* : 4GB DDR3 SDRAM
- *Graphics* : NVIDIA 9400 M with 256 MB of DDR3 Memory
- *Storage* : 1 TB 5400-rpm Serial ATA hard drive
- *Power* : Built in 60 watt hour lithium polymer battery

4.3.2 Instalasi *GCS* Software

Mission Planner akan di instal pada laptop yang digunakan pada *GCS*. Proses instalasi Mission Planner pada laptop *GCS* akan dijabarkan sebagai berikut:

- Mission Planner diunduh dari *website* penyedia *software* tersebut dan simpan program dalam komputer.

Mission Planner yang telah diunduh kemudian dibuka untuk



Gambar 4.45: Tampilan Proses Instalasi Mission Planner

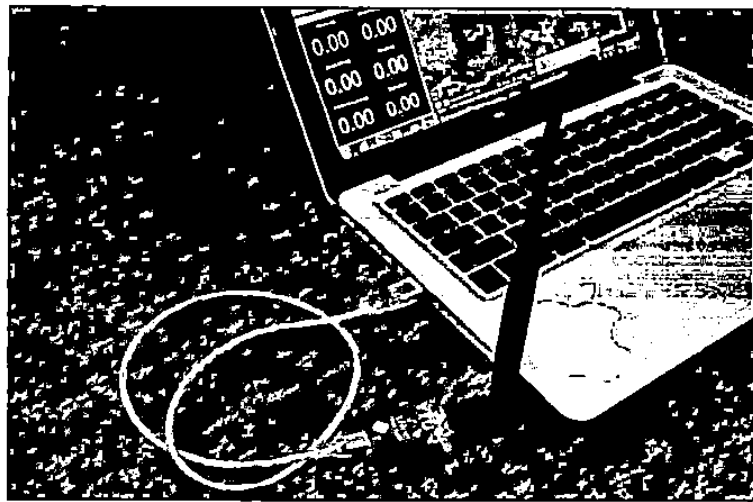
- Proses instalasi terus diikuti tahap demi tahap hingga proses instalasi selesai. Proses instalasi akan secara otomatis menginstal beberapa sistem yang dibutuhkan untuk menjalankan Mission Planner seperti DirectX
- Jika muncul peringatan dari Windows Security maka pilih *Install this driver software anyway* untuk melanjutkan proses instalasi hingga selesai
- Mission Planner dapat dibuka pada *shortcut* yang otomatis tertampil pada desktop (Gambar 4.46)



Gambar 4.46: Tampilan Mission Planner pada Layar CCS

4.3.3 Pemasangan *Wireless Telemetry* Pada *GCS*

Wireless telemetry pada *GCS* harus sama dengan yang dipasang pada pesawat yaitu Xbee Pro 900. Xbee Pro 900 akan dihubungkan dengan laptop pada *GCS* menggunakan kabel *USB* (Gambar 4.47).

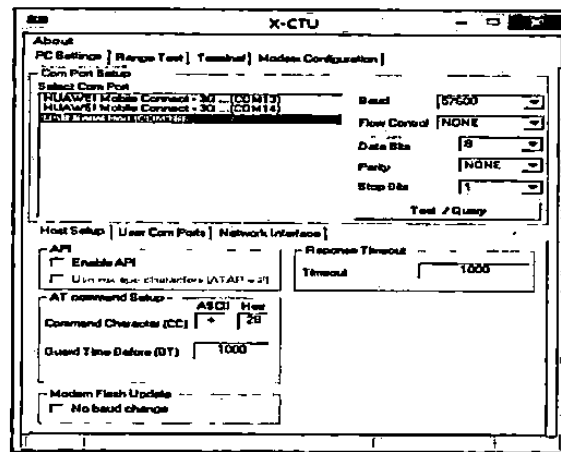


Gambar 4.47: Xbee Pro terhubung terhadap laptop menggunakan kabel *USB*

Adapun peralatan yang dibutuhkan dalam pemasangan Xbee Pro terhadap *GCS* adalah sebagai berikut:

- Laptop *GCS*
- Xbee Pro 900
- Kabel *USB*
- Software Mission Planner
- Software X-CTU

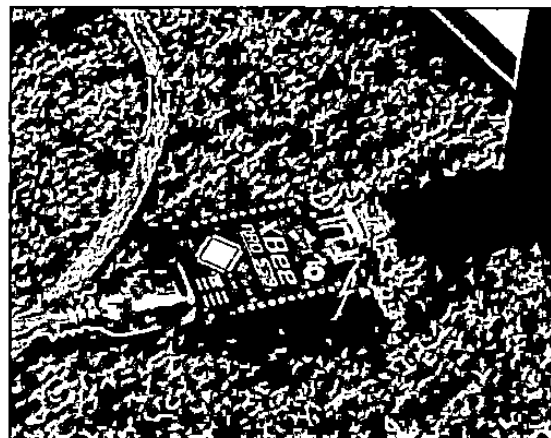
Xbee Pro 900 pada *GCS* harus dilakukan konfigurasi terlebih dahulu agar dapat tersambung pada Mission Planner dan dapat terhubung dengan Xbee Pro 900 yang terdapat pada pesawat model Solfix. Konfigurasi Xbee Pro 900 pada *GCS* menggunakan software X-CTU yang dapat di *download* dari website resmi penyedia *software* tersebut (Gambar 4.48).



Gambar 4.48: Tampilan X-CTU

Adapun konfigurasi Xbee Pro 900 akan dijabarkan sebagai berikut.

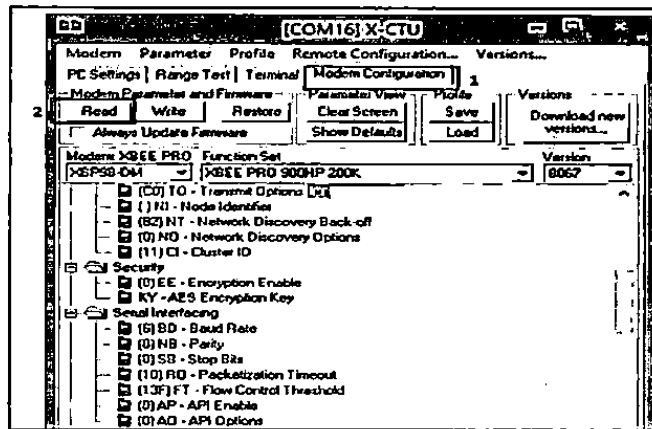
- X-CTU diunduh dari *website* resmi penyedia *website* tersebut
- X-CTU diinstal pada laptop dan kemudian jalankan
- Xbee Pro 900 disambung terhadap laptop menggunakan kabel *USB*. Indikator lampu berwarna merah pada Xbee Pro 900 akan menyala yang menandakan telah tersambung terhadap laptop (Gambar 4.49)



Gambar 4.49: Indikator Lampu Xbee Pro 900 Berwarna Merah ketika tekoneksi terhadap laptop *GCS*

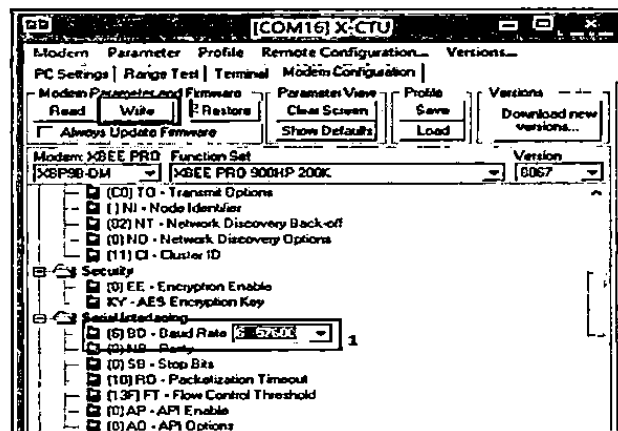
- Pada tab *PC Setting*, dipilih *port* dimana Xbee Pro 900 ditempatkan dan klik *Test/Query*. X-CTU akan mendeteksi tipe dari Xbee Pro 900 yang digunakan

- Selanjutnya untuk menampilkan parameter modul Xbee Pro 900 dapat ditampilkan pada bagian *Modem Configuration* kemudian dipilih *Read*. (Gambar 4.50)



Gambar 4.50: 1. Modem Configuration untuk mengkonfigurasi Xbee Pro 900; 2. Read berguna untuk membaca konfigurasi sebelumnya dari Xbee Pro 900

- Setelah parameter modul Xbee Pro ditampilkan, parameter *Baud Rate* diubah menjadi 57600. Perubahan nominal *Baud Rate* pada parameter Xbee Pro 900 yang digunakan bertujuan agar Xbee Pro 900 dapat terdeteksi oleh Mission Planner karena Mission Planner telah dikonfigurasi untuk tersambung terhadap *wireless telemetry* dengan nominal *Baud Rate* 57600 kemudian klik *write* (Gambar 4.51)



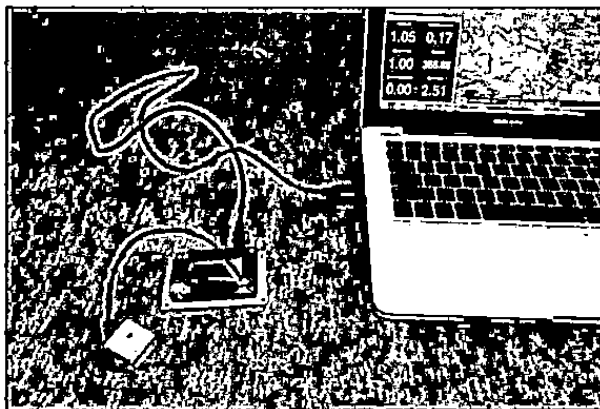
Gambar 4.51: 1. Baud Rate pada Parameter Xbee Pro 900 menjadi 57600; 2. Write parameter setelah konfigurasi selesai

4.3.4 Penyambungan GCS Terhadap Pesawat

Penyambungan *GCS* terhadap pesawat model Solfix adalah tahap perancangan selanjutnya yang akan dilakukan setelah melalui tahap pemasangan perangkat sistem *UAV* pada badan pesawat dan perancangan *GCS*. Terdapat 2 macam metode penyambungan *GCS* terhadap pesawat, yaitu penyambungan dengan menggunakan media kabel data *USB* atau menggunakan *wireless telemetry*.

a. Penyambungan Menggunakan Kabel *USB*

Penyambungan *GCS* terhadap pesawat model Solfix dapat dilakukan menggunakan media kabel *USB to Mini USB*. Sisi kabel *USB* dipasang pada *USB port* laptop pada *GCS* sementara sisi kabel bagian *Mini USB* dipasang pada *USB Port* Arduflyer 2.5 (Gambar 4.52). Penyambungan *GCS* terhadap pesawat menggunakan kabel *USB* digunakan untuk melakukan konfigurasi Arduflyer 2.5 sebelum melakukan penerbangan.

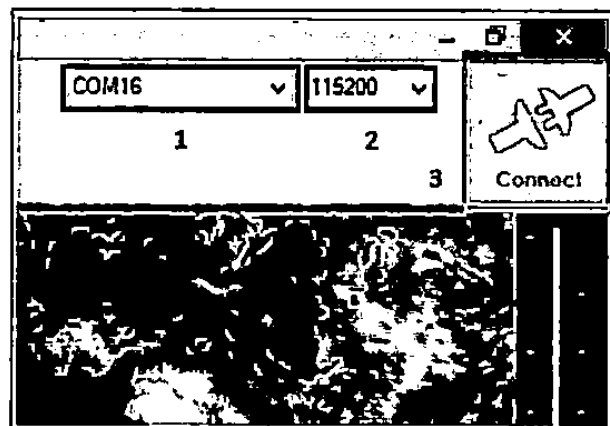


Gambar 4.52: Penyambungan Arduflyer 2.5 menggunakan kabel *USB*

Penyambungan *GCS* terhadap pesawat menggunakan kabel *USB* memiliki keunggulan komunikasi data yang lebih cepat dan stabil dibandingkan menggunakan media *wireless telemetry*. Adapun kelemahan penyambungan *GCS* terhadap pesawat menggunakan kabel *USB* adalah ukuran panjang kabel yang terbatas menjadikan media penyambungan ini tidak dapat

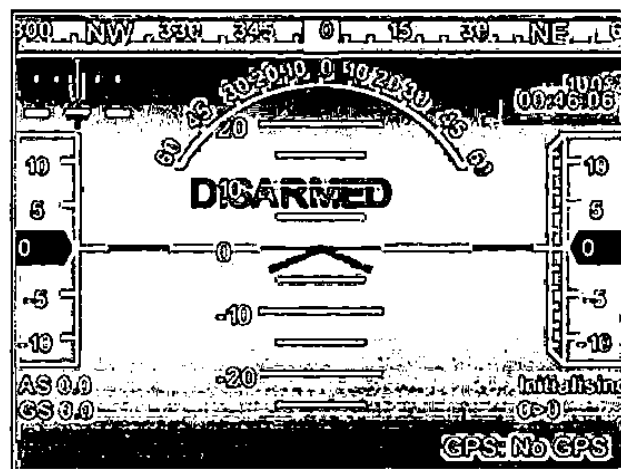
digunakan sebagai media komunikasi antara *GCS* dan pesawat ketika penerbangan berlangsung.

Untuk melakukan koneksi *GCS* terhadap pesawat dilakukan pada *Mission Planner* menggunakan kabel *USB*, *Mission Planner* dibuka kemudian pada kolom *port com* dipilih *USB port* tempat kabel *USB* ditempatkan. Selanjutnya *data rate* dipilih dengan nominal 115200 pada kolom *data rate*, kemudian dipilih *connect* (Gambar 4.53)



Gambar 4.53: Proses koneksi Arduflyer 2.5 terhadap *GCS* menggunakan Kabel *USB*; 1. *Port USB*; 2. *Baud Rate*; 3. *Connect*

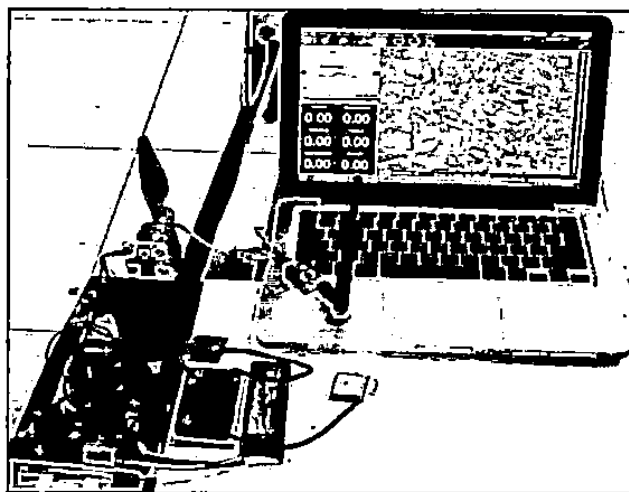
Proses penyambungan telah berhasil apabila indikator sinyal pada *GCS* menunjukkan status penuh (100%) dan *Mission Planner* dapat menampilkan parameter-parameter pesawat (Gambar 4.54).



Gambar 4.54: Indikator Sinyal 100%

b. Penyambungan Menggunakan *Wireless Telemetry*

Media penyambungan alternatif GCS terhadap pesawat adalah menggunakan *wireless telemetry*. Penyambungan GCS terhadap pesawat dengan media *wireless telemetry* digunakan untuk memantau data dan posisi pesawat ketika melakukan penerbangan. *Wireless telemetry* memiliki keunggulan dimana data dan posisi pesawat dapat terus dipantau dari GCS secara *wireless* sehingga tidak ada yang membatasi gerak pesawat (Gambar 4.55).



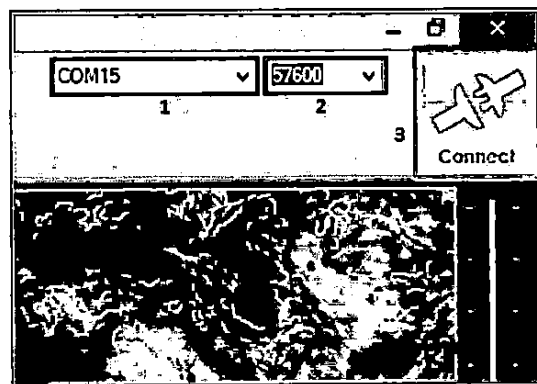
Gambar 4.55: Penyambungan Arduflyer 2.5 menggunakan *Wireless Telemetry*

Untuk melakukan koneksi antara GCS terhadap pesawat menggunakan media *wireless telemetry* dapat dilakukan pada Mission Planner. Sebelum melakukan koneksi, *autopilot* pada pesawat model Solfix dalam keadaan hidup dengan daya yang didapat dari batre pesawat. Xbee Pro 900 akan otomatis dalam keadaan hidup ketika Arduflyer 2.5 dinyalakan karena menggunakan sumber daya listrik yang sama terhadap perangkat Arduflyer 2.5. Lampu indikator berwarna biru akan hidup yang menandakan Xbee Pro 900 pada pesawat telah terhubung terhadap Xbee Pro 900 pada GCS dan siap untuk dilakukan koneksi



Gambar 4.56: Indikator Lampu Berwarna Biru Sebagai Tanda Kedua Xbee Pro 900 telah terhubung satu sama lain

Xbee Pro 900 pada GCS terpasang dengan sempurna menggunakan kabel *USB*. Pada tampilan utama Mission Planner, dipilih *USB port* yang digunakan Xbee pro 900, kemudian *data rate* diganti menjadi 57600. *Data rate 57600* adalah kecepatan *data transfer* dari modul Xbee Pro 900 yang telah disesuaikan terhadap Mission Planner (Gambar 4.57).



Gambar 4.57: Proses koneksi Arduflyer 2.5 terhadap GCS menggunakan *Wireless telemetry*; 1. *Port USB*; 2. *Baud Rate*; 3. *Connect*

Koneksi GCS terhadap pesawat menggunakan *wireless telemetry* dinyatakan berhasil apabila Mission Planner dapat menampilkan data dan posisi pesawat secara baik. Kualitas koneksi *wireless telemetry* dapat dilihat pada indikator sinyal yang terdapat pada Mission Planner.

4.4 Pengecekan Sistem UAV

Pengecekan sistem UAV dilakukan untuk mengetahui kinerja dari keseluruhan sistem yang telah dirancang pada pesawat model Solfix. Pengecekan sistem UAV wajib dilakukan sebelum pesawat model Solfix melakukan penerbangan perdana dengan sistem UAV yang telah terpasang, hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sistem UAV dapat bekerja sebagai mestinya agar dapat segera dilakukan konfigurasi *autopilot* terhadap pesawat dan dan kemudian siap untuk diterbangkan.

Pengecekan sistem UAV meliputi pengecekan GCS, pengecekan *autopilot*, pengecekan GPS dan pengecekan *wireless telemetry* dengan penjabaran sebagai berikut:

4.4.1 Pengecekan GCS

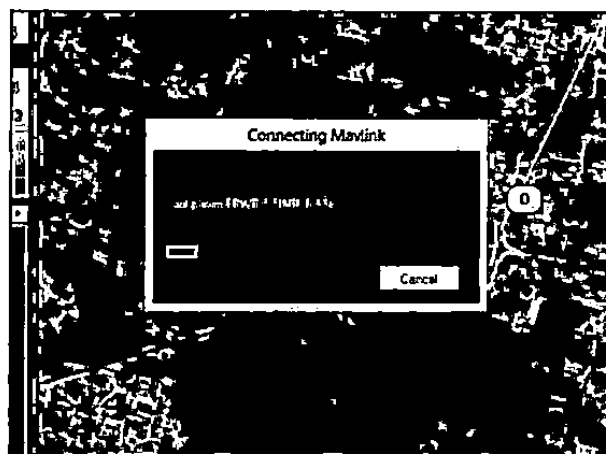
Pada tahap pengecekan sistem UAV, pengecekan terhadap GCS akan dilakukan pertama sekali. Hal ini dilakukan karena sebagian besar parameter pengecekan sistem UAV pada pesawat model Solfix dipantau langsung melalui informasi pada GCS *software* yang digunakan yaitu Mission Planner.

Adapun pengecekan GCS akan dijabarkan sebagai berikut:

a. *Autopilot Support*

Pada tahap ini akan dilakukan pengecekan GCS terhadap *autopilot*. Pengecekan ini dilakukan dengan cara menghubungkan GCS terhadap *autopilot* menggunakan media kabel USB dan *wireless telemetry*. GCS akan dinyatakan *support* atau kompatibel terhadap *autopilot* apabila GCS dapat terhubung terhadap *autopilot* menggunakan media kabel USB dan *wireless telemetry* (Gambar 4.58). Selanjutnya GCS dapat menampilkan data pesawat dari *autopilot* yang telah terpasang pada pesawat.

Pada perancangan ini GCS Mission Planner berhasil dikoneksikan terhadap Arduflyer 2.5 menggunakan kabel USB ataupun *wireless telemetry* Xbee Pro 900.



Gambar 4.58: Tampilan proses koneksi *Autopilot* terhadap *GCS*

b. Pengecekan Peta Digital

Pengecekan *GCS* selanjutnya adalah kemampuan Mission Planner dalam menampilkan peta digital. *GCS* dinyatakan layak beroperasi apabila Mission Planner dapat menampilkan peta digital secara *online* maupun *offline* dengan baik.

Pada perancangan ini *GCS* Mission Planner dapat menampilkan peta digital Google Maps secara *online* maupun *offline*.

c. Pengecekan *Flight Mode*

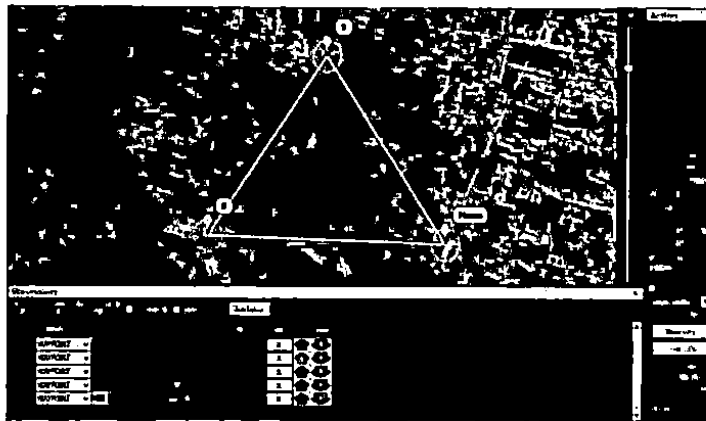
Pengecekan *flight mode* pada tahap ini akan dilakukan dengan melakukan pengecekan *flight mode* pada Mission Planner. *Flight mode* pada Mission Planner harus dapat menampilkan metode penerbangan pada pesawat dan dapat dikonfigurasi sesuai dengan kebutuhan penerbangan pesawat. Pada perancangan ini Mission Planner dapat menampilkan *flight mode* yang digunakan pesawat model Solfix.

d. Pengecekan *Waypoint*

Pada tahap pengecekan *waypoint*, akan dilakukan pengecekan pada Mission Planner pada bagian *Flight Planner*. *Flight Planner* harus dapat menampilkan peta digital dan *waypoint* yang akan

ditentukan beserta parameter setiap *waypoint* seperti ketinggian, *waypoint radius* dan *loiter radius* (Gambar 4.59)

Pada perancangan ini Mission Planner dapat menampilkan peta digital yang kemudian dilakukan penempatan *waypoint* pesawat. selain itu Mission Planner juga mampu mengkonfigurasi ketinggian setiap *waypoint* yang akan dilalui oleh pesawat model Solfix ketika terbang secara *autonomous*.



Gambar 4.59: *Waypoint* beserta parameternya.

4.4.2 Pengecekan *Autopilot*

Pengecekan *autopilot* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari *autopilot* yang digunakan yaitu Arduflyer 2.5. Setelah Arduflyer 2.5 terpasang pada badan pesawat model Solfix dan terhubung terhadap GCS, Arduflyer 2.5 akan langsung mengirimkan data pesawat yang kemudian dapat dipantau melalui Mission Planner. Adapun pengecekan *Autopilot* akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Pengecekan *Autopilot Hardware*

Pengecekan *autopilot hardware* dilakukan dengan memantau langsung terhadap Arduflyer 2.5 *board* ketika dihidupkan. Pada Arduflyer 2.5 *board* terdapat 3 buah lampu indikator yang menyatakan status dari *autopilot* itu sendiri.

- **Lampu Indikator Warna Oranye**

Lampu Indikator oranye adalah lampu indikator power pada Arduflyer 2.5. lampu indikator oranye akan menyala apabila

Arduflyer 2.5 dihubungkan dengan *power source* yang berasal dari batere pesawat ataupun *power source* yang berasal dari laptop GCS.

- **Lampu Indikator Warna Merah**

Lampu Indikator Merah akan menyala apabila Arduflyer 2.5 dalam keadaan *Armed*, yaitu kondisi dimana Arduflyer 2.5 sudah siap digunakan. Lampu indikator merah menyala berulang-ulang menandakan Arduflyer 2.5 dalam posisi *Disarmed* yang berarti Arduflyer 2.5 dalam kondisi terkunci dan tidak dapat digunakan untuk melakukan penerbangan.

- **Lampu Indikator Warna Kuning**

Lampu indikator kuning menyala berulang-ulang menandakan Arduflyer 2.5 sedang dalam tahap kalibrasi.

- **Lampu Indikator Warna biru**

Lampu Indikator biru adalah lampu indikator *GPS* pada Arduflyer 2.5 board. Lampu indikator biru akan menyala sekali apabila *GPS* dalam keadaan aktif. Lampu Indikator biru akan menyala berulang-ulang apabila *GPS* status *3D Fix*.

Pada perancangan ini *autopilot hardware* Arduflyer 2.5 bekerja dengan baik, semua lampu indikator berfungsi sesuai dengan proses yang sedang diolah oleh Arduflyer 2.5 seperti *autopilot armed*, *autopilot calibration* dan *GPS 3D Fix*.

b. Pengecekan *Control Servo*

Pengecekan *control servo* dilakukan untuk mengetahui kinerja *servo* bidang kemudi pesawat yang terhubung terhadap Arduflyer 2.5. *Servo* yang terhubung melalui bagian *output* dari Arduflyer 2.5 harus dapat bekerja dengan baik untuk melakukan perintah dari *radio control* yang ditransmisikan melalui *radio receiver* yang terhubung pada Arduflyer 2.5 input.

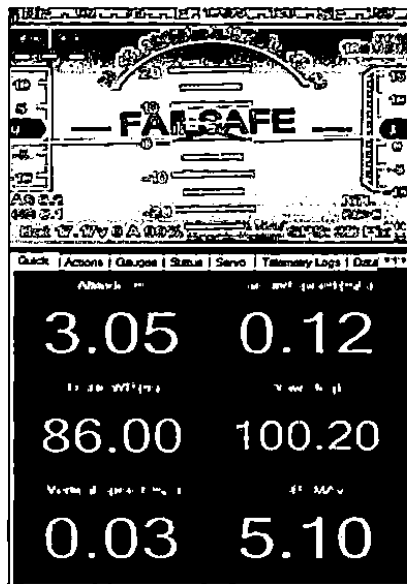
Pengecekan *servo* dilakukan dengan memberikan perintah kepada *servo* melalui *radio control* dengan menggerakkan seluruh

bagian *stick* pada *radio control* yang berhubungan dengan bidang kemudi pesawat. *Servo* harus dapat bergerak mengendalikan bidang kemudi pesawat sesuai pergerakan *stick* pada *radio control*.

Pada perancangan ini semua control *servo* penggerak bidang kemudi pesawat model Solfix bekerja dengan baik yang menandakan bahwa Arduflyer 2.5 dapat mengirim perintah dari *radio receiver* ke *servo* penggerak *aileron*, *rudder* dan *elevator*.

c. Pengecekan Data Penerbangan

Pengecekan data penerbangan pada tahap ini bertujuan untuk memastikan data penerbangan yang ditampilkan *GCS* sesuai dengan keadaan sebenarnya. Kesalahan tampilan data penerbangan pada pesawat dapat terjadi apabila pemasangan Arduflyer 2.5 pada badan pesawat yang tidak benar (Gambar 4.60).



Gambar 4.60: Data Penerbangan Pada Mission Planner

Pada perancangan ini data penerbangan yang ditampilkan pada Mission Planner telah sesuai dengan keadaan pesawat model Solfix dengan beberapa satuan nominal data penerbangan yang memang tidak dapat 100% akurat karena beberapa faktor seperti interferensi perangkat elektronik lain, kemampuan *GPS* yang terbatas dan lain sebagainya. Namun tingkat keakuratan data yang ditampilkan pada

Mission Planner masih dapat dipercaya dan diandalkan untuk memantau keadaan pesawat model Solfix.

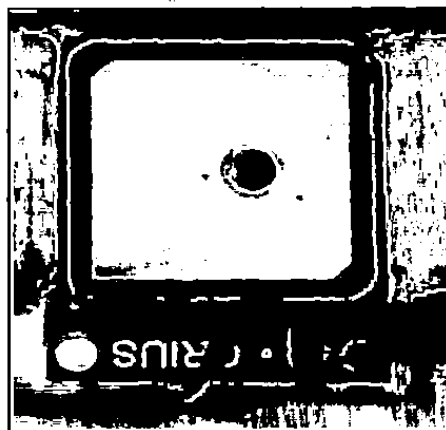
4.4.3 Pengecekan *GPS*

Pengecekan *GPS* dilakukan untuk memastikan *GPS* beroperasi dengan benar. Pengecekan *GPS* dilakukan dengan melihat beberapa parameter yang menjadi acuan pengecekan *GPS* pada Mission Planner. Adapun pengecekan *GPS* akan dijabarkan sebagai berikut:

a. Pengecekan Modul *GPS*

Pengecekan modul *GPS* dilakukan dengan memperhatikan modul *GPS* yang terpasang pada badan pesawat Solfix. Pada modul *GPS* terdapat indikator lampu berwarna hijau yang akan hidup secara otomatis apabila *GPS* aktif dan terhubung secara benar terhadap Arduflyer 2.5 (Gambar 4.61)

Pada perancangan ini *GPS* yang dipasang pada pesawat model Solfix bekerja dengan baik. *GPS* yang dipasang pada pesawat dapat menampilkan posisi dan arah pesawat pada Mission Planner.



Gambar 4.61: Lampu Hijau Pada *GPS* Menandakan *GPS* dalam Keadaan Aktif

b. Pengecekan *GPS* Status

GPS status dapat dipantau melalui Mission Planner. Pada Mission Planner terdapat parameter *GPS* yang akan menampilkan

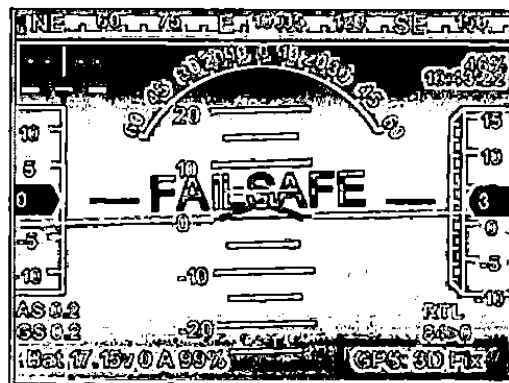
status dari *GPS* yang sedang beroperasi yaitu *Initializing* dan *3D Fix* (gambar 4.62).

- **Initializing**

GPS Status Initializing menandakan *GPS* sedang dalam tahap proses pencarian sinyal dan penentuan posisi pesawat serta *home point*.

- **3D Fix**

GPS status 3D Fix menandakan *GPS* telah selesai melakukan pencarian sinyal dan penentuan posisi pesawat serta *home point*. Ketika hendak melakukan penerbangan, pastikan *GPS status* dalam kondisi *3D Fix* (Gambar 4.62).



Gambar 4.62: *GPS status* pada Mission Planner

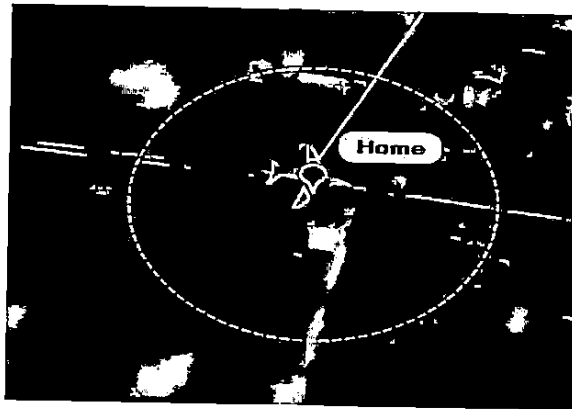
Pada perancangan ini *GPS* bekerja dengan baik dan dapat *fix* dengan waktu yang disesuaikan terhadap posisi pesawat. proses *GPS* agar dapat menjadi *3D fix* akan lebih cepat apabila posisi pesawat berada diluar ruangan dengan posisi *GPS* menghadap ke langit secara langsung (*face to the sky*). Pada pengecekan ini *GPS* menjadi *3D fix* di dalam ruangan membutuhkan waktu 30-35 detik dan membutuhkan waktu hanya 10-15 detik apabila posisi pesawat berada diluar ruangan.

c. **Home Point dan Posisi Pesawat**

Home point akan otomatis tampak pada Mission Planner ketika *GPS* sudah pada status *3D Fix*. *Home point* akan ditampilkan pada

peta digital pada Mission Planner yang akan menjadi awal dari penerbangan yang menggunakan *auto mode* atau *autonomous*.

Posisi pesawat pada peta digital pada Mission Planner bergantung pada kinerja dari *GPS*. Sama seperti *Home Point*, posisi pesawat akan tampak pada peta digital apabila *GPS* sudah pada status *3D Fix*. (Gambar 4.63)



Gambar 4.63: *Home Point* dan Posisi Pesawat pada Peta Digital Mission Planner

Pada perancangan ini *GPS* yang dipasang pada pesawat model Solfix dapat menampilkan *home point* beserta posisi dan arah pesawat dengan baik.

4.4.4 Pengecekan *Wireless Telemetry*

Pengecekan *wireless telemetry* dilakukan untuk mengetahui kinerja Xbee Pro 900 yang menghubungkan pesawat terhadap *GCS* secara *wireless*. Adapun parameter pengecekan *wireless telemetry* dijabarkan sebagai berikut:

a. **Wireless Telemetry Module**

Tahap pengecekan pertama yang dilakukan untuk mengetahui kinerja Xbee Pro 900 adalah dengan memperhatikan modul Xbee Pro 900. Pada modul Xbee Pro 900 terdapat beberapa lampu indikator yang menyatakan kinerja Xbee Pro 900 tersebut.

- **Lampu Indikator Warna Hijau**

Lampu Indikator hijau pada modul Xbee Pro 900 menandakan Xbee Pro 900 sudah aktif dan terhubung terhadap Arduflyer 2.5 dan ataupun laptop pada GCS.

- **Lampu Indikator Warna Biru**

Lampu indikator biru menyatakan bahwa Xbee Pro 900 pada pesawat dan GCS dalam status *standby* dan siap dikoneksikan.

- **Lampu Indikator Warna Kuning**

Lampu Indikator kuning pada modul Xbee Pro 900 menandakan bahwa Xbee Pro 900 sedang melakukan *data transfer* antar modul.

Pada perancangan ini Xbee Pro 900 yang dipasang pada pesawat model Solfix dan GCS bekerja dengan baik. Semua indikator Xbee Pro 900 berfungsi sesuai dengan proses yang sedang diolah seperti status *aktif*, *standby* dan *data transfer*.

b. Wireless Telemetry Status

Wireless telemetry status pada Mission Planner menandakan kualitas sinyal antara Xbee Pro 900 pada pesawat terhadap Xbee Pro 900 pada GCS. Kualitas sinyal pada *wireless telemetry status* berupa indikator batang yang disertai angka kualitas sinyal dalam satuan persen (Gambar 4.64).



Gambar 4.64: *Wireless Telemetry Status* pada Mission Planner

Pada perancangan ini *wireless telemetry status* berfungsi dengan baik. *Wireless telemetry status* menampilkan skala kekuatan sinyal antara Xbee Pro 900 yang terdapat pada pesawat dan GCS.

c. Pengecekan Jarak Jangkauan *Wireless Telemetry*

Pengecekan jarak jangkauan *wireless telemetry* dilakukan dengan menghubungkan pesawat terhadap GCS menggunakan Xbee Pro 900. Selanjutnya untuk mengetahui jarak yang dapat dikomodasi oleh Xbee Pro 900 tersebut dilakukan dengan cara *ground chek* yaitu membawa pesawat menjauh dari GCS dan pantau jarak yang dapat ditempuh Xbee Pro 900 tersebut pada Mission Planner. *Wireless telemetry* dinyatakan lolos pengecekan apabila jarak jangkauannya lebih dari 200 meter.

Pada perancangan ini Xbee Pro 900 bekerja cukup baik dan dapat menjangkau jarak 200 meter dari GCS. Akan tetapi, di beberapa kasus Xbee Pro 900 tidak mampu melakukan *data transfer* kurang dari 200 meter karena beberapa faktor seperti lokasi penerbangan pesawat yang memiliki banyak penghalang seperti bangunan dan pepohonan ataupun terkena interferensi dari perangkat elektronik dengan yang mentransmisikan data pada frekuensi yang sama seperti sinyal GSM *handphone* yang memiliki frekuensi yang sama seperti Xbee Pro 900 yaitu 900 MHz.

4.5 Konfigurasi *Autopilot* Terhadap Pesawat Model Solfix

Konfigurasi *autopilot* pada tahap ini dilakukan untuk menyesuaikan Arduflyer 2.5 terhadap pesawat model Solfix. Terdapat beberapa konfigurasi Arduflyer 2.5 yang telah berhasil diterapkan pada beberapa pesawat model yang dapat tersedia di internet, namun konfigurasi tersebut hanya diperuntukan untuk pesawat model tertentu yang dijual bebas. Solfix adalah pesawat model yang dirancang dan dibangun secara *handmade* dengan proses penelitian khusus. Pesawat model Solfix tidak diproduksi massal dan tidak memiliki spesifikasi yang sama terhadap pesawat model lainnya yang dijual

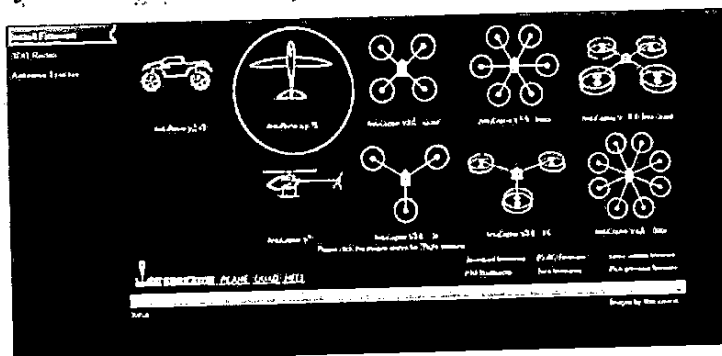
bebas, sehingga untuk menerapkan sistem *UAV* menggunakan *autopilot* Arduflyer 2.5 maka akan dilakukan konfigurasi untuk menyesuaikan Arduflyer 2.5 terhadap spesifikasi, kemampuan, dan gaya penerbangan pesawat model Solfix sehingga dapat melakukan penerbangan dengan baik dan aman.

4.5.1 Pemilihan Kendaraan Model

Tahap pertama dalam konfigurasi *autopilot* adalah pemilihan kendaraan model yang digunakan. Arduflyer 2.5 adalah *autopilot* yang dapat mengakomodasi lebih dari satu kendaraan model sehingga pemilihan kendaraan model yang sesuai mutlak dilakukan agar tidak terjadi kesalahan dalam melakukan konfigurasi selanjutnya.

Untuk memilih kendaraan model yang digunakan dapat dilakukan pada Mission Planner yang sebelumnya telah terhubung dengan Arduflyer 2.5 menggunakan kabel *USB*. Pada Mission Planner pilih tab *firmware*. Pastikan laptop *GCS* telah terkoneksi dengan internet agar *firmware* setiap kendaraan model yang akan dipilih selalu dalam kondisi *up date*. Setelah semua *firmware* dinyatakan *up date* maka tahap selanjutnya memilih kendaraan model yang digunakan.

Pesawat model Solfix adalah pesawat model berjenis *fixed wing*, maka dalam perancangan ini akan dipilih *firmware* kendaraan model berjenis *fixed wing* yaitu Arduplane (gambar 4.65).



Gambar 4.65: Arduplane Firmware

4.5.2 Autopilot Configuration

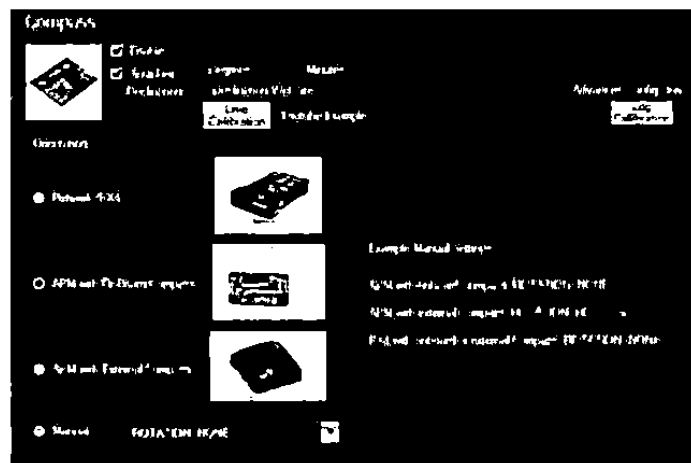
Autopilot configuration adalah tahap dimana Arduflyer 2.5 pada pesawat model Solfix akan dilakukan penyesuaian terhadap spesifikasi pesawat dan *radio kontrol* yang akan digunakan. Adapun *Autopilot configuration* meliputi:

a. *Compass Calibration*

Pada tahap *Compass Calibration*, akan dilakukan konfigurasi terhadap kompas yang terdapat pada Arduflyer 2.5. Konfigurasi kompas dapat dilakukan pada Mission Planner (Gambar 4.66).

Hubungkan Arduflyer 2.5 terhadap GCS menggunakan kabel USB. Buka Mission Planner pada tab *Initial Setup*, kemudian dipilih *Compass*. Pada bagian *compass*, aktifkan *enable compass* dan *auto declination*. *Enable compass* berfungsi untuk mengaktifkan kompas pada Arduflyer 2.5, pastikan kompas selalu aktif ketika pesawat melakukan penerbangan. *Auto declination* adalah fitur dimana kompas akan secara otomatis menentukan lokasi pemakaian kompas, sehingga tidak perlu dilakukan konfigurasi deklinasi kompas melalui internet.

Pada bagian *orientation* pilih *APM with On Board Compass*, hal ini dikarenakan pada perancangan ini digunakan kompas yang tertanam langsung pada Arduflyer 2.5 board.



Gambar 4.66: *Compass Calibration* pada Mission Planner

b. *Accelerometer Calibration*

Accelerometer Calibration adalah tahap dimana akan dilakukan kalibrasi pesawat model Solfix terhadap berbagai posisi dan sumbu. Pada *accelerometer calibration* akan dilakukan 2 macam kalibrasi yaitu kalibrasi 3 axis dan kalibrasi 1 axis.

- **Kalibrasi 3 Axis**

Kalibrasi 3 *axis* berfungsi untuk menentukan posisi pesawat terhadap 3 *axis* atau sumbu yaitu: sumbu x, y, dan z. untuk mengkalibrasi *accelerometer* pesawat model Solfix terhadap 3 sumbu tersebut dapat dilakukan pada Mission Planner bagian *Accelerometer Calibration*.

Arduflyer 2.5 pada pesawat dihubungkan terhadap GCS menggunakan *wireless telemetry*, hal ini bertujuan agar tidak ada penghalang ketika dilakukan kalibrasi seperti ketika dihubungkan menggunakan kabel USB. Selanjutnya dipilih kalibrasi 3 *axis* lalu kalibrasi dimulai dengan mengikuti perintah dari Mission Planner ketika, pesawat diposisikan sesuai dengan yang diperintahkan saat proses kalibrasi yaitu posisi pesawat level atau datar, roll to the right, roll to the left, nose down, nose up dan back.

- **Kalibrasi 1 Axis**

Kalibrasi 1 *axis* adalah tahap kalibrasi pesawat model Solfix terhadap 1 sumbu saja yaitu posisi dimana pesawat dalam keadaan datar atau *level* terhadap dengan sumbu horizontal atau sumbu x. Pada kalibrasi 1 *axis*, pesawat model Solfix diposisikan dalam keadaan *level*, kemudian pada Mission Planner bagian *accelerometer calibration*, dipilih kalibrasi 1 *axis* kemudian *calibrate level*. Pesawat model Solfix harus tetap dalam keadaan *level* selama kalibrasi berlangsung, proses kalibrasi akan memakan waktu kurang lebih 2 menit

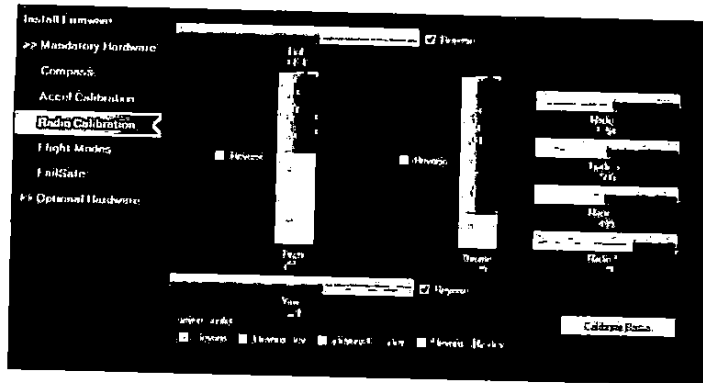
c. *Radio Control Calibration*

Radio control calibration dilakukan untuk menyesuaikan setingan *radio control* terhadap Arduflyer 2.5. Pada tahap ini akan dilakukan penyesuaian nominal *PWM radio control* yang digunakan pesawat model Solfix terhadap Arduflyer 2.5 sehingga nominal *PWM* yang ditransmisikan oleh *radio control* dapat difungsikan secara maksimal terhadap Arduflyer 2.5. *Radio control* mengendalikan 4 buah *channel* pada bidang kemudi pesawat model Solfix dan 1 buah *channel* yang digunakan sebagai *flight mode switch*.

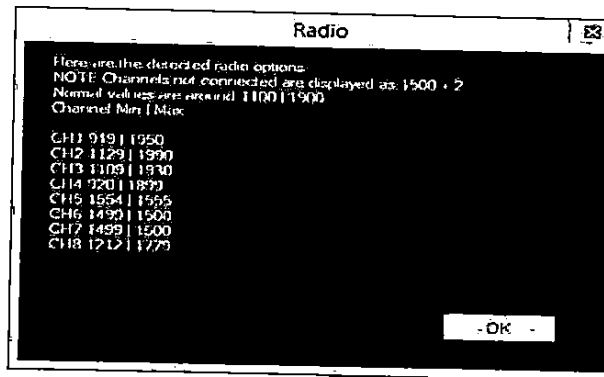
Untuk melakukan konfigurasi *radio control* dapat dilakukan pada Mission Planner bagian Radio Calibration. Arduflyer 2.5 pada pesawat model Solfix dihubungkan terhadap *GCS* menggunakan kabel *USB* ataupun *wireless telemetry* dan *radio control* terhubung terhadap *radio receiver*. Pada *radio calibration* akan ditampilkan nominal *PWM* dan grafik pergerakan setiap stik pada *radio control* seperti *yaw*, *pitch*, *down*, *roll* dan *switch mode*. Selain itu terdapat nominal *PWM* masing-masing *channel* (Gambar 4.67)

Selanjutnya pada *Radio Calibration* dipilih *Calibrate Radio* dan *radio control stick* digerakan hingga batas maksimal ke segala arah berikut juga *flight mode switch* pada *radio control* yaitu *switch F Mode switch* dan *Gear switch*. Setelah selesai dipilih *Finish* dan *radio control* selesai dikalibrasi. Pada konfigurasi *radio calibration*

..... dilakukan pada ini didapat nominal PWM



Gambar 4.67: Tampilan *Radio Calibration* pada Mission Planner



Gambar 4.68: Nominal *PWM Radio Control* yang digunakan

d. *Flight mode*

Konfigurasi *flight mode* dilakukan pada Mission Planner. Terdapat 6 jenis *flight mode* yang dapat dipilih sesuai dengan *flight mode* yang akan digunakan ketika melakukan penerbangan. Pada perancangan ini dipilih 5 jenis *flight mode* yang akan digunakan ketika melakukan penerbangan, diantaranya adalah:

- *Flight mode 1: Auto*
- *Flight mode 2: Fly By Wire A*
- *Flight mode 3: Stabilize*
- *Flight mode 4: Return to Launch*
- *Flight mode 5: Manual*

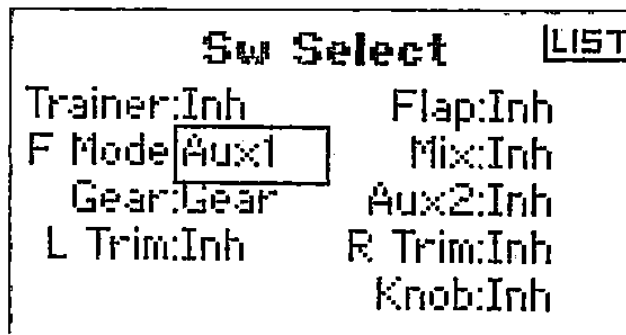
Untuk melakukan perubahan *flight mode* ketika penerbangan berlangsung, *flight mode* harus dapat diakses oleh *radio control*, *flight mode* diakses melalui *channel 1* pada *radio control*. *Radio control* yang digunakan pada perancangan ini adalah Spektrum DX8 dengan *receiver* AR6200 satellite 6Ch. (Gambar 4.69),



Gambar 4.69: *Radio Control* Spektrum DX8

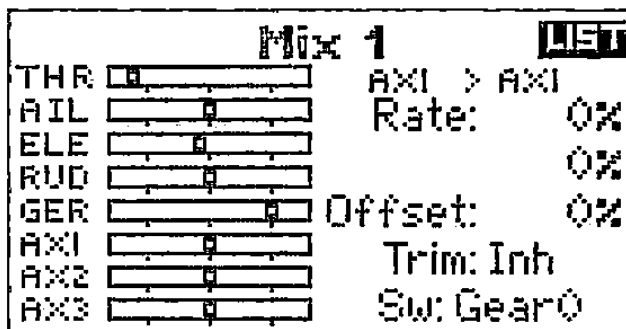
Pada perancangan ini perubahan *flight mode* pada *radio control* akan menggunakan *F mode switch* dan *Gear switch*. Adapun konfigurasi *radio control* agar dapat melakukan perubahan *flight mode* pada saat penerbangan akan dijabarkan sebagai berikut:

- *System Setup* pada *radio control* dibuka dengan menekan *scroll button* dilanjutkan dengan mnggeser *power button*.
- Selanjutnya pada program *Switch Select* dan pada *F Mode Switch* parameter *INH* diganti menjadi *Aux 1*. Hal ini dilakukan karena *channel* yang digunakan untuk mengkonfigurasi *flight mode* menggunakan *Aux 1* pada *channel 1*. (Gambar 4.70)



Gambar 4.70: Aux 1 pada F Mode Switch

- Selanjutnya pada program *Function List* dan masuk ke parameter *Mixing*. Pada parameter *Mixing*, *Mix aux 1* terhadap *aux 1* juga dan *switch* diganti menjadi Gear 0. Dengan dilakukan mixing tersebut maka *flight mode* dapat diganti dengan kombinasi *F Mode switch* dan *Gear switch*. (Gambar 4.71)



Gambar 4.71: Aux 1 Channel Mixing

- Kembali ke *Function List radio control*, selanjutnya buka parameter *servo setup* dan masuk ke parameter *aux 1 setup*. Disini akan dilakukan perubahan rate dari setiap *switch* pada *radio control* terhadap *PWM flight mode* pada Mission Planner. Ubah *servo rate* sesuai dengan *PWM* setiap *flight mode* hingga *radio control* dapat mengakomodasi penggantian 5 *flight mode* pada Mission Planner. Pada perancangan ini didapat *minimum servo rate 62%* dan *maximum servo rate 70%* (Gambar 4.72)

	Servo	LIST
THR	<input type="checkbox"/>	
AIL	<input type="checkbox"/>	
ELE	<input type="checkbox"/>	Travel
RUD	<input type="checkbox"/>	Aux 1
GER	<input type="checkbox"/>	
AX1	<input type="checkbox"/>	
AX2	<input type="checkbox"/>	63% 70%
AX3	<input type="checkbox"/>	

Gambar 4.72: *Minimum Servo Rate 63% dan Maximum Servo Rate 70%*

e. *Failsafe*

Failsafe pada perancangan ini adalah sebuah tindakan yang dilakukan oleh Arduflyer 2.5 secara otomatis ketika pesawat mengalami kehilangan kendali dan pantauan yang disebabkan oleh hilangnya komunikasi dari *radio control* ataupun *GCS* pada waktu yang telah ditentukan. Hilangnya komunikasi dari *radio control* dapat diakibatkan oleh posisi pesawat yang terlalu jauh dari jangkauan maksimal *radio control* ataupun *radio control* yang kehabisan daya, sedangkan hilangnya pesawat dari pantauan *GCS* dapat diakibatkan oleh hilangnya komunikasi data dari *wireless telemetry* yang diakibatkan oleh beberapa hal seperti posisi pesawat yang terlalu jauh dari jangkauan maksimal *wireless telemetry*.

Adapun tindakan yang akan dilakukan oleh pesawat ketika *failsafe* dalam keadaan aktif adalah *flight mode* pesawat akan secara otomatis menjadi *return to launch* yang berarti pesawat akan kembali ke *home point*. Setelah pesawat telah sampai ke *home point*, *flight mode* pesawat kemudian akan berubah menjadi *loiter* yang berarti pesawat akan berputar-putar diatas hingga pesawat dapat kembali dikendalikan.

Arduflyer 2.5 memiliki 2 jenis *failsafe* yang dapat digunakan untuk menyelamatkan pesawat ketika terjadi suatu hal yang telah disebutkan diatas. Adapun 2 jenis *failsafe* yang dapat digunakan

- ***Throttle Failsafe***

Throttle failsafe adalah jenis *failsafe* yang ditentukan oleh keadaan *throttle* pada *radio control*. *Throttle failsafe* dikonfigurasi dengan memberikan nominal terendah dari *PWM throttle* pada *radio control*. Pesawat akan dalam keadaan *failsafe* ketika *throttle* pesawat dibawah *PWM throttle failsafe*. *Throttle failsafe* juga dapat diaktifkan hanya ketika pesawat hilang kontrol karena *radio control* dalam keadaan mati.

Untuk melakukan konfigurasi terhadap *throttle failsafe* dapat dilakukan pada Mission Planner pada bagian *failsafe* (Gambar 4.73). Pada Mission Planner *throttle failsafe* diaktifkan kemudian masukan nominal *PWM failsafe*. Pada perancangan akan dikonfigurasi pesawat hanya akan dalam keadaan *failsafe* apabila *radio control* dalam keadaan mati, sehingga *throttle failsafe* akan diisi dengan nominal *PWM* lebih rendah daripada *PWM* terendah pada *radio control*. *PWM* terendah pada *radio control* adalah 920, yaitu *PWM* pada *channel 2* atau *throttle channel*, sehingga nominal pada *throttle failsafe* akan diisi lebih rendah daripada 920. Pada perancangan ini nominal *PWM throttle failsafe* adalah sebesar 918 dan waktu pemicu *GCS* adalah 3 detik.

- ***GCS Failsafe***

GCS failsafe memiliki fungsi hampir sama dengan *throttle failsafe*, yang membedakannya hanyalah pada pemicu *failsafe*. Pada *GCS failsafe*, *failsafe GCS* kehilangan pemantauan terhadap pesawat yang dikarenakan hilangnya komunikasi *wireless telemetry* antara pesawat terhadap *GCS*. Hilangnya komunikasi antara *wireless telemetry* pada pesawat dan *GCS* dapat diakibatkan karena jarak pesawat terhadap *GCS* diluar batasan

terjadi masalah yang mengakibatkan salah satu atau kedua *wireless telemetry* menjadi berhenti beroperasi.

Flight mode pesawat akan otomatis berubah menjadi *Return to Launch* ketika *GCS* hilang komunikasi terhadap pesawat. Pada perancangan ini *GCS failsafe* akan dikonfigurasi dengan waktu pemicu *failsafe* selama 10 detik, sehingga *flight mode* pesawat akan berubah menjadi *Return to Launch* apabila *GCS* hilang komunikasi terhadap pesawat setelah 10 detik.

Untuk mengaktifkan *GCS failsafe* dilakukan pada Mission Planner pada bagian *GCS*, aktifkan *GCS failsafe* kemudian beri waktu 10 detik pada *failsafe time*.



Gambar 4.73: Tampilan *Failsafe* Pada Mission Planer

f. *Battery Configuration*

Battery configuration ini berfungsi untuk mengkonfigurasi batere yang digunakan sebagai *power source* Arduflyer 2.5. Konfigurasi batere pada perancangan ini meliputi:

- **Konfigurasi Kapasitas Batere**

Konfigurasi kapasitas batere dapat dilakukan pada Mission Planner. Pada Mission Planner bagian Battery Monitor (gambar 4.69), isi nominal kapasitas batere pada kolom *Battery Capacity*. Pada perancangan ini, pesawat odel Solfix menggunakan batere dengan kapasitas 2650 mAh untuk menyuplai daya listrik

terhadap Arduflyer 2.5, sehingga akan dimasukan nominal 2650 pada kolom *Battery Capacity*.

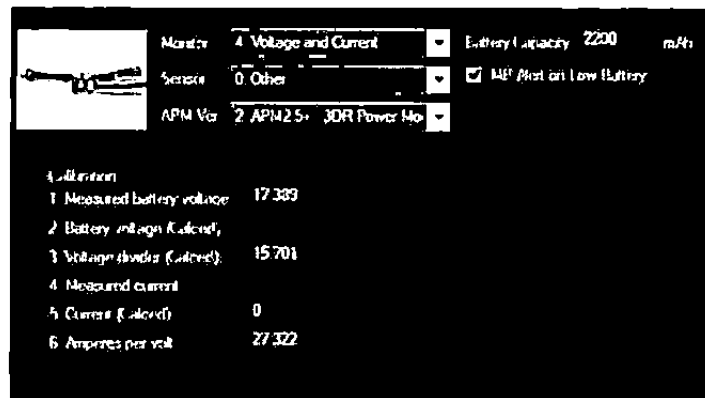
- **Konfigurasi Sensor Batere**

Konfigurasi sensor batere berguna untuk mengkonfigurasi jenis *sensor* batere yang digunakan sebagai *measured sensor* dan penghubung antara batere terhadap Arduflyer 2.5. Pada perancangan ini pesawat model Solfix menggunakan sensor batere 3DR Power Module, sehingga pada kolom *sensor* pilih 3DR Power Module sebagai *sensor* batere yang digunakan.

- **Konfigurasi *Batery Monitor***

Mission Planner memiliki fitur *Batery Monitor* yang berguna memberi peringatan ketika batere dalam keadaan kritis. Pada tahap ini akan dilakukan konfigurasi *Battery Monitor* pada Mission Planner terhadap batere yang digunakan (Gambar 4.74). Pada kolom *Monitor*, pilih jenis ukuran daya batere yang akan selalu ditampilkan pada Mission Planner. Pada perancangan ini digunakan opsi pilihan *voltage and Current* sehingga Mission Planner akan menampilkan sisa voltase dan arus batere yang digunakan.

Fitur *MP Alert on Low Battery* diaktifkan untuk memberi peringatan ketika batere dalam keadaan kritis. Ukuran kritis batere yang digunakan ketika Mission Planner memberikan peringatan. Pada perancangan ini ukuran kritis batere ditentukan sebesar 9,6v. Ukuran kritis ini ditentukan berdasarkan kemampuan terendah batere yang digunakan pada perancangan



Gambar 4.74: Tampilan *Battery Configuration* Pada Mission Planner

4.5.3 Tuning

Untuk menerbangkan pesawat model Solfix secara *autonomous*, maka seluruh bidang kemudi dan sistem navigasi *autopilot* dari pesawat model Solfix harus dikonfigurasi, proses konfigurasi ini disebut dengan *tuning*. Pesawat akan dilakukan *tuning* untuk mendapatkan nominal parameter yang tepat agar pesawat terbang stabil dan dapat menuju *waypoint* yang telah ditentukan pada *GCS* ketika melakukan penerbangan secara *autonomous*.

a. Syarat Melakukan *Tuning*

Adapun syarat pesawat model Solfix untuk dilakukan tahap *tuning* adalah sebagai berikut:

- Seluruh bidang kemudi pesawat model Solfix telah dapat terbang stabil ketika dilakukan penerbangan dengan *manual mode*.
- *Radio control* pesawat model Solfix harus telah dalam keadaan terkonfigurasi untuk pemilihan *flight mode*.
- Pesawat model Solfix telah dalam keadaan *level*.

b. Parameter *Tuning*

Adapun parameter pada Mission Planner yang digunakan untuk melakukan *tuning* pesawat model Solfix adalah sebagai berikut:

- **RLL2SRV_P**
RLL2SRV_P adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon utama pergerakan *aileron*.
- **RLL2SRV_D**
RLL2SRV_D adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon kedua pergerakan *aileron*. RLL2SRV_D akan membantu respon utama *aileron* apabila respon *aileron* utama dinilai tidak cukup untuk mengontrol pergerakan pesawat oleh Arduflyer 2.5.
- **PTCH2SRV_P**
PTCH2SRV_P adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon utama pergerakan *elevator*.
- **PTCH2SRV_D**
PTCH2SRV_D adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon kedua pergerakan *aileron*. PTCH2SRV_D akan membantu respon utama *elevator* apabila respon *elevator* utama dinilai tidak cukup untuk mengontrol pergerakan pesawat oleh Arduflyer 2.5.
- **YAW2SRV_RLL**
YAW2SRV_RLL adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon utama pergerakan *elevator*.
- **YAW2SRV_DAMP**
YAW2SRV_DAMP adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon kedua pergerakan *aileron*. YAW2SRV_DAMP akan membantu respon utama *rudder* apabila respon *rudder* utama

dinilai tidak cukup untuk mengontrol pergerakan pesawat oleh Arduflyer 2.5.

- ***Rudder Mix***

Rudder Mix adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol penggabungan gerakan antara *aileron* dan *rudder* pada pesawat.

- ***Throttle Min***

Throttle Min adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol *throttle minimum* motor listrik pada pesawat.

- ***Throttle Max***

Throttle Max adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol *throttle maximum* motor listrik pada pesawat.

- **LIM_PITCH_MIN**

LIM_PITCH_MIN adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk membatasi *nose up pitch*.

- **LIM_PITCH_MAX**

LIM_PITCH_MAX adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk membatasi *nose down pitch*.

- **NAVL1_PERIOD**

NAVL1_PERIOD adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon utama navigasi pesawat.

- **NAVL1_DAMPING**

NAVL1_PERIOD adalah parameter yang digunakan pada tahap *tuning* pesawat model Solfix untuk mengontrol respon
 dan kestabilan pesawat. NAVL1_DAMPING akan membantu

respon utama navigasi pesawat apabila respon dinilai tidak cukup mengontrol pergerakan pesawat oleh Arduflyer 2.5.

c. *Ground Chek*

Ground chek adalah proses *tuning* yang dilakukan ketika pesawat berada pada *ground*. Proses ini bertujuan untuk mengkonfigurasi bidang kemudi pesawat dan menentukan asumsi nominal parameter (*gain*) bidang kemudi atau respon pergerakan bidang kemudi yang diperlukan pesawat.

Adapun tahapan *ground chek* pada pesawat model Solfix adalah sebagai berikut:

- Pesawat dalam keadaan berada pada *ground* kemudian dipilih *Fly by Wire A flight mode*.
- Hidung pesawat kemudian digerakan kearah atas (*nose up*) dan pergerakan *elevator* diperhatikan, *elevator* harus bergerak turun ketika posisi hidung pesawat digerakan ke atas (*deflect down*).
- Hidung pesawat digerakan ke arah bawah (*nose down*) dan pergerakan *elevator* diperhatikan, *elevator* harus bergerak naik ketika posisi hidung pesawat digerakan ke bawah (*deflect up*). Jika pergerakan *elevator* terbalik, maka lakukan *reverse elevator* pada *radio calibration*.
- Pesawat diputar kearah kanan dan pergerakan *aileron* pada sayap pesawat model Solfix diperhatikan, *aileron* kiri akan bergerak keatas dan *aileron* kanan akan bergerak kebawah.
- Pesawat diputar kearah kiri dan pergerakan *aileron* pada sayap diperhatikan, *aileron* kiri akan bergerak ke bawah dan *aileron* kanan akan bergerak ke atas. Jika pergerakan *elevator* terbalik, maka lakukan *reverse aileron* pada *radio calibration*.
- Posisi pesawat dalam keadaan datar dan sudut posisi pesawat pada data penerbangan Mission Planner diperhatikan. Sudut posisi pesawat hanya mendekati *neutral* dan apabila melewati

batas *neutral* maka sudut posisi pesawat tidak boleh lebih dari 10% dari posisi *neutral*. Jika sudut posisi pesawat melebihi 10% dari batas posisi *neutral* maka lakukan kalibrasi *accelerometer* pada sistem *autopilot* pesawat.

- *Flight mode* pesawat dalam keadaan *manual mode* kemudian gerakan *stick* bidang kemudi pada *radio control*, bidang kemudi akan bergerak normal selayaknya penerbangan dengan menggunakan *manual flight mode*.

d. *Flight Tuning*

Flight tuning adalah tahapan *tuning* pesawat model Solfix yang dilakukan ketika pesawat dalam keadaan terbang. *Flight tuning* bertujuan untuk mendapatkan nominal parameter bidang kemudi pesawat yang tepat yang dilakukan berdasarkan hasil yang didapat dari respon bidang kemudi pesawat ketika melakukan penerbangan.

Untuk melakukan *Flight tuning*, pesawat diterbangkan dengan menggunakan *Fly by Wire A mode*. Penggunaan *Fly by Wire A mode* dalam melakukan *flight tuning* karena tersebut adalah *Fly by Wire A* berjenis *semi auto mode* yang mempresentasikan pergerakan pesawat ketika terbang dengan *auto mode*. Kestabilan pesawat model Solfix dalam melakukan penerbangan menggunakan *auto mode* akan dapat dilihat secara langsung menggunakan kedua *flight mode* tersebut.

Adapun tahapan *flight tuning* akan dijabarkan sebagai berikut:

- ***Roll Tuning***

Roll tuning dilakukan untuk mendapatkan parameter yang tepat terhadap respon *aileron*. Parameter yang digunakan untuk melakukan *roll tuning* adalah RLL2SRV_P dengan nominal parameter default: 400 dan RLL2SRV_D dengan

nominal parameter *default*: 0. Adapun tahapan *roll tuning* adalah sebagai berikut:

- Pesawat *take off* dengan *manual mode*, setelah terbang stabil dan *level* ganti *flight mode* dengan *Fly by Wire A mode*.
- Masih dengan *Fly by Wire mode*, kemudian dilakukan gerakan *roll* kearah kiri pada pesawat dengan menggerakkan *roll stick* pada *radio control* kearah kiri. Biarkan pesawat melakukan gerakan *roll* untuk beberapa saat kemudian kembalikan posisi *roll stick* ke posisi netral dan pesawat akan kembali ke posisi *level*.
- Selanjutnya dilakukan gerakan *roll* pada pesawat kearah kanan, Biarkan pesawat melakukan gerakan *roll* untuk beberapa saat kemudian kembalikan posisi *roll stick* ke posisi netral dan pesawat akan kembali ke posisi *level*. Dengan sendirinya
- pergerakan *roll* pada pesawat diperhatikan, jika respon pergerakan *roll* dinilai terlalu lama untuk mengembalikan pesawat ke posisi *level* ketika terbang, maka nominal parameter RLL2SRV_P akan ditambah pada skala 0,1 secara bertahap sehingga respon gerakan *roll* pesawat model Solfix sesuai dengan respon pergerakan *roll* ketika terbang menggunakan *manual mode*.
- Jika respon pergerakan *roll* terlalu cepat dan terjadi osilasi untuk mengembalikan pesawat ke posisi *level* ketika terbang, maka nominal parameter RLL2SRV_P akan diturunkan pada skala 0,1 secara bertahap sehingga respon gerakan *roll* pesawat model Solfix sesuai dengan respon pergerakan *roll* ketika terbang menggunakan

- Untuk mendapatkan nominal parameter RLL2SRV_D dilakukan dengan menaikan nominal parameter RLL2SRV_D pada skala 0,01 hingga terjadi osilasi pada pergerakan *roll* ketika terbang, selanjutnya nominal parameter RLL2SRV_D dibagi dua.

Pada perancangan ini pesawat model Solfix terbang stabil dengan nominal RLL2SRV_P sebesar 1,5 dan RLL2SRV_D sebesar 0.1 (Gambar 4.74)

Flight Modes	Command	Value	Unit	Options
APM Plane Pids	RLL2SRV_D	0.1		0.01
Standard Params	RLL2SRV_I	0.1		0.10
Advanced Params	RLL2SRV_IMAX	1500		0.4500
Full Parameter List	RLL2SRV_P	1.5		0.120
Planner	RLL2SRV_RMAX	0	degrees /	0.180

Gambar 4.75: Nominal RLL2SRV_P sebesar 1.5 dan RLL2SRV_D sebesar 0.1

- **Pitch Tuning**

Pitch tuning dilakukan untuk mendapatkan parameter yang tepat terhadap respon *elevator*. Parameter yang digunakan untuk melakukan *pitch tuning* adalah PTCH2SRV_P dengan nominal parameter *default*: 400 dan PTCH2SRV_D dengan nominal parameter *default*: 0. Adapun tahapan *pitch tuning* adalah sebagai berikut:

- Pesawat *take off* dengan *manual mode*, setelah terbang stabil dan *level* ganti *flight mode* dengan *Fly by Wire A mode*.
- Masih dengan *Fly by Wire A mode*, kemudian dilakukan gerakan *Pitch* kearah atas pada pesawat dengan memutar *pitch stick* pada *radio control* kearah atas

Biarkan pesawat melakukan gerakan *pitch* untuk beberapa saat kemudian kembalikan posisi *pitch stick* ke posisi netral dan pesawat akan kembali ke posisi level.

- Masih dengan *Fly by Wire mode*, kemudian dilakukan gerakan *pitch* kearah bawah pada pesawat dengan menggerakkan *pitch stick* pada *radio control* kearah bawah. Biarkan pesawat melakukan gerakan *pitch* untuk beberapa saat kemudian kembalikan posisi *pitch stick* ke posisi netral dan pesawat akan kembali ke posisi level.
- Pergerakan *pitch* pada pesawat diperhatikan, jika respon pergerakan *pitch* dinilai terlalu lama untuk mengembalikan pesawat ke posisi *level* ketika terbang, maka nominal parameter PTCH2SRV_P akan ditambah pada skala 0,1 secara bertahap sehingga respon gerakan *pitch* pesawat model Solfix sesuai dengan respon pergerakan *pitch* ketika terbang menggunakan *manual mode*.
- Jika respon pergerakan *pitch* terlalu cepat dan terjadi osilasi untuk mengembalikan pesawat ke posisi *level* ketika terbang, maka nominal parameter PTCH2SRV_P akan diturunkan pada skala 0,1 secara bertahap sehingga respon gerakan *pitch* pesawat model Solfix sesuai dengan respon pergerakan *pitch* ketika terbang menggunakan *manual mode*.
- Untuk mendapatkan nominal parameter PTCH2SRV_D dilakukan dengan menaikkan nominal parameter PTCH2SRV_D pada skala 0,01 hingga terjadi osilasi pada pergerakan *pitch* ketika terbang, selanjutnya nominal parameter PTCH2SRV_D dibagi dua

Pada perancangan ini pesawat model Solfix terbang stabil dengan nominal PTCH2SRV_P sebesar 1,5 dan PTCH2SRV_D sebesar 0,12 (Gambar 4.75).

Flight Modes	Command	Value	Unit	Options
APM-Plane Params	PTCH2SRV_D	0.12		0.01
Standard Params				+
Advanced Params	PTCH2SRV_I	0.1		0.05
Full Parameter List				+
Planner	PTCH2SRV_IMAX	1500		0.4500
Help	PTCH2SRV_P	1.5		0.120
	PTCH2SRV_RLL			0.715

Gambar 4.76: Nominal PTCH2SRV_P sebesar 1.5 dan PTCH2SRV_D sebesar 0.12

- Untuk memberi batasan maksimal dari gerakan *pitch up* dan *down* pesawat agar pesawat tidak menanjak atau *nose up* terlalu tinggi ketika terbang menggunakan *auto mode* yang dapat menyebabkan pesawat kehilangan daya angkat maka akan diberi nominal pada parameter LIM_PITCH_MAX, sedangkan nominal parameter LIM_PITCH_MIN akan ditentukan untuk memberi batasan pesawat ketika menukik ke bawah atau *nose down*. Parameter LIM_PITCH_MAX pesawat model solfix diberi nominal sebesar 1800 dan LIM_PITCH_MIN diberi nominal parameter 2000 (gambar 4.76)

Flight Modes	Command	Value	units	Options
APM Plane Pids	LEVEL_ROLL_LIMIT	5	degrees	0.45
Standard Params	LIM_PITCH_MAX	1800	centi-Deg	0.9000
Advanced Params	LIM_PITCH_MIN	-2000	centi-Deg	-9000.0
Full Parameter List	LIM_ROLL_CD	2000	centi-Deg	0.9000
	LOG_BITMASK	2030		0.Disabled,1.902
Planner	MAG_ENABLE	0		0.Disabled,1.Ena
Help	MIN_GNDSPD_CM	0	cm/s	

Gambar 4.77: Nominal Parameter LIM_PITCH_MAX sebesar 1800 dan LIM_PITCH_MIN sebesar 2000

- **Yaw Tuning**

Yaw tuning dilakukan untuk mendapatkan parameter yang tepat terhadap respon *rudder*. Parameter yang digunakan untuk melakukan *roll tuning* adalah YAW2SRV_RLL dengan nominal parameter *default*: 400 dan YAW2SRV_DAMP dengan nominal parameter *default*: 0. Adapun tahapan *yaw tuning* adalah sebagai berikut:

- Pesawat *take off* dengan *manual mode*, setelah terbang stabil dan *level* ganti *flight mode* dengan *Fly by Wire A mode*.
- Masih dengan *Fly by Wire A mode*, kemudian dilakukan gerakan *roll* kearah kiri dilanjutkan *roll* kearah kanan dengan menggerakkan *roll stick* pada *radio control* kearah kiri dan kanan.
- Pergerakan dan posisi pesawat diperhatikan ketika pesawat melakukan *roll* dari kiri ke kanan, apabila bagian depan pesawat masih berorientasi ke kiri ketika perpindahan *roll* dari kiri ke kanan maka tambahkan nominal YAW2SRV_RLL dan apabila bagian depan pesawat berpindah terlalu cepat maka kurangi nominal

- Untuk mendapatkan nominal parameter YAW2SRV_DAMP dilakukan dengan menaikan nominal parameter YAW2SRV_DAMP pada skala 0,01 hingga terjadi osilasi pada pergerakan *yaw* ketika terbang, selanjutnya nominal parameter YAW2SRV_DAMP dibagi dua.

Pada perancangan ini pesawat model Solfix terbang stabil dengan nominal YAW2SRV_RLL sebesar 1,0 dan YAW2SRV_DAMP sebesar 0,3 (Gambar 4.77)

YAW2SRV_DAMP	0.3	0.2
YAW2SRV_IMAX	1500	0.4500
YAW2SRV_INT	0	0.2
YAW2SRV_RLL	1	0.812

Gambar 4.78: Nominal YAW2SRV_RLL sebesar 1.5 dan YAW2SRV_DAMP sebesar 0.3

- **Rudder Mix**

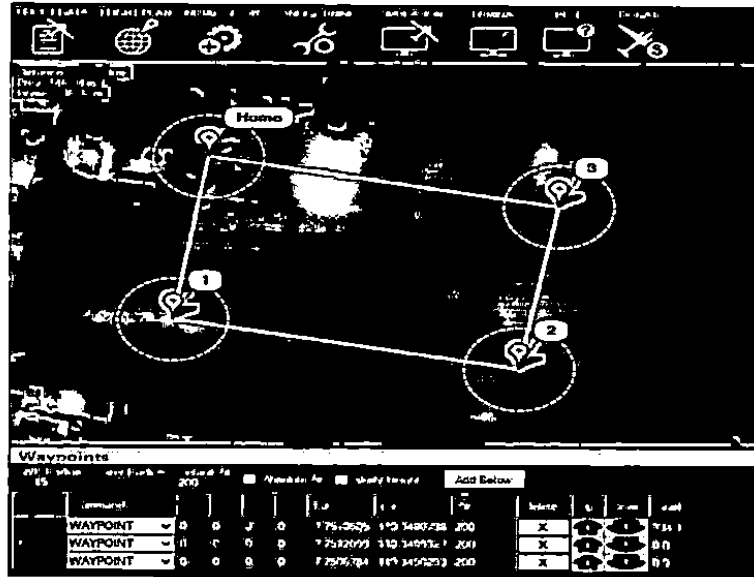
Nominal parameter *rudder mix* ditentukan ketika pesawat diterbangkan dengan *Fly by Wire A mode*. *Rudder mix* akan ditentukan dengan melihat seberapa besar *aileron* membutuhkan bantuan *rudder* untuk membelokan pesawat. Informasi dari penerbang sangat dibutuhkan dalam menentukan parameter *rudder mix*. Tentukan parameter *rudder mix* yang dibutuhkan pesawat dengan memerikan nominal pada parameter *Rudder Mix*.

Pada perancangan ini *rudder* pesawat model dapat membantu fungsi *aileron* dalam membelokan pesawat dengan nominal *rudder mix* sebesar 0.250

- ***Navigation Tuning***

Navigation tuning ditentukan ketika *tuning* terhadap bidang kemudi pesawat telah mendapatkan nominal parameter yang tepat untuk menerbangkan pesawat dengan stabil. *Navigation tuning* ditentukan agar pesawat model Solfix dapat terbang secara *autonomous* menuju *waypoint* dengan stabil. *Navigation tuning* ditentukan ketika pesawat model Solfix terbang dengan *auto mode* dengan *waypoint* yang telah ditentukan sebelumnya. Parameter yang digunakan untuk melakukan *navigation tuning* adalah NAVL1_PERIOD dengan nominal parameter *default*: 25 dan NAVL1_DAMPING dengan nominal parameter *default*: 0,75. Adapun tahapan *navigation tuning* adalah sebagai berikut:

- *Waypoint* yang akan dilalui pesawat model Solfix ketika terbang dengan *auto mode mode* mengikuti bentuk dari lapangan dimana pesawat melakukan uji terbang (gambar 4.78). *Waypoint* ditentukan menggunakan fitur *Flight Plan* pada Mission Planner dengan ketentuan sebagai berikut:
 - Ketinggian terbang : 200 m
 - *Waypoint radius* : 20 m
 - Jumlah *Waypoint* : 3 *waypoint*
 - Jumlah *Home Point* : 1 *home point*
 - Jarak *home point* ke *waypoint* 1 : 58,76 m
 - Jarak *waypoint* 1 menuju *waypoint* 2 : 95,16 m
 - Jarak *waypoint* 2 menuju *waypoint* 3 : 60,02 m
 - Jarak *waypoint* 3 menuju *home point* : 06,00 m



Gambar 4.79: *Waypoint Navigation Tuning*

- Pesawat model Solfix *take off* dengan menggunakan *stabilize mode*. Setelah pesawat berhasil *take off* pesawat model Solfix terbang dengan menggunakan *auto mode*.
- Pesawat model Solfix akan terbang secara *autonomous* tanpa dikendalikan oleh penerbang menuju *waypoint* yang telah ditentukan.
- Setelah pesawat model Solfix terbang dengan *auto mode* menuju *waypoint* yang telah ditentukan, perhatikan pergerakan pesawat ketika melakukan belokan pada setiap *waypoint*. Apabila pesawat melakukan belokan terhadap *waypoint* terlalu lambat, kurangi nominal parameter `NAVL1_PERIOD` pada skala 5 dan apabila pesawat berbelok melewati *waypoint* terlalu lambat maka tambahkan nominal `NAVL1_PERIOD`.
- Ketika pesawat mengalami ketidakstabilan atau *weaving* setelah melewati *waypoint* maka kurangi nominal parameter `NAVL1_PERIOD` pada skala 1 atau 2.
- Untuk meningkatkan respon pesawat ketika pesawat melewati *waypoint* `NAVL1_DAMPING` ditambah 0.05

sehingga pesawat terbang melewati *waypoint* dengan respon yang bagus.

4.6 Uji Terbang

Uji terbang pesawat model Solfix pada perancangan ini meliputi uji terbang *manual* dan semi *auto*, uji terbang *auto mode*.. Sebelum melakukan penerbangan seluruh sistem *UAV* pada pesawat model Solfix dilakukan pengecekan kembali untuk memastikan semua sistem bekerja dengan sempurna dengan data yang ditampilkan pada Tabel 4.1.

No.	Bagian Pesawat	Status	
		Berfungsi	Tidak Berfungsi
1	Arduflyer 2.5	✓	-
2	GPS	✓	-
3	Xbee Pro 900	✓	-
4	<i>Aileron</i>	✓	-
5	<i>Rudder</i>	✓	-
6	<i>Elevator</i>	✓	-
7	Motor Listrik	✓	-
8	Radio Control	✓	-
9	Batere Pesawat 2650 Mah	✓	-
10	Laptop GCS	✓	-
11	<i>Manual Mode switch</i>	✓	-
12	<i>Stabilize mode switch</i>	✓	-
13	<i>Fly by Wire A mode switch</i>	✓	-

Tabel 4.1: Data Pengecekan Pesawat Model Solfix Sebelum Uji

Adapun uji terbang pesawat model Solfix akan dijabarkan sebagai berikut:

a. *Free Flight Manual mode* dan *Semi Auto*

Uji terbang *free flight manual mode* dan *semi auto mode* yang terdiri dari *stabilize mode* dan *Fly by Wire A mode* akan dilakukan secara bersamaan dalam sekali penerbangan. Uji terbang ini dilakukan untuk mengetahui kestabilan pesawat model Solfix ketika terbang menggunakan ketiga *flight mode* tersebut dengan nominal parameter yang mendukung respon dari setiap bidang kemudi yang telah diberikan sebelumnya.

Pesawat model Solfix diterbangkan oleh seorang penerbang yang ahli di bidang *aeromodeling*. *GCS* dipersiapkan tidak jauh dari penerbang agar komunikasi antara penerbang dan pemantau *GCS* menjadi lebih mudah.

Pesawat model Solfix *take off* dengan *manual mode* kemudian diterbangkan pada ketinggian rata-rata 60-220 meter. Pesawat dikendalikan secara *manual* oleh penerbang dengan jalur penerbangan acak agar tidak ada batasan dan menjaga jarak pandang untuk memastikan pengendalian pesawat dengan menggunakan *manual mode* telah stabil.

Pesawat model Solfix terbang dengan baik menggunakan *manual mode*, seluruh bidang kemudi yang terhubung oleh Arduflyer 2.5 bekerja dengan baik untuk mengendalikan pesawat. Pesawat model Solfix diterbangkan dengan jalur penerbangan acak dengan jarak maksimal 380 meter dari *GCS*.

Setelah terbang dengan *manual mode*, metode penerbangan pesawat model Solfix kemudian diganti menjadi *stabilize mode*. Menggunakan *stabilize mode* pesawat model Solfix dapat terbang dengan stabil. Arduflyer 2.5 bekerja dengan baik untuk memberi perintah terhadap pergerakan *aileron* guna mengembalikan pesawat ke posisi *level* ketika pesawat melakukan *roll* yang dikendalikan oleh penerbang ataupun

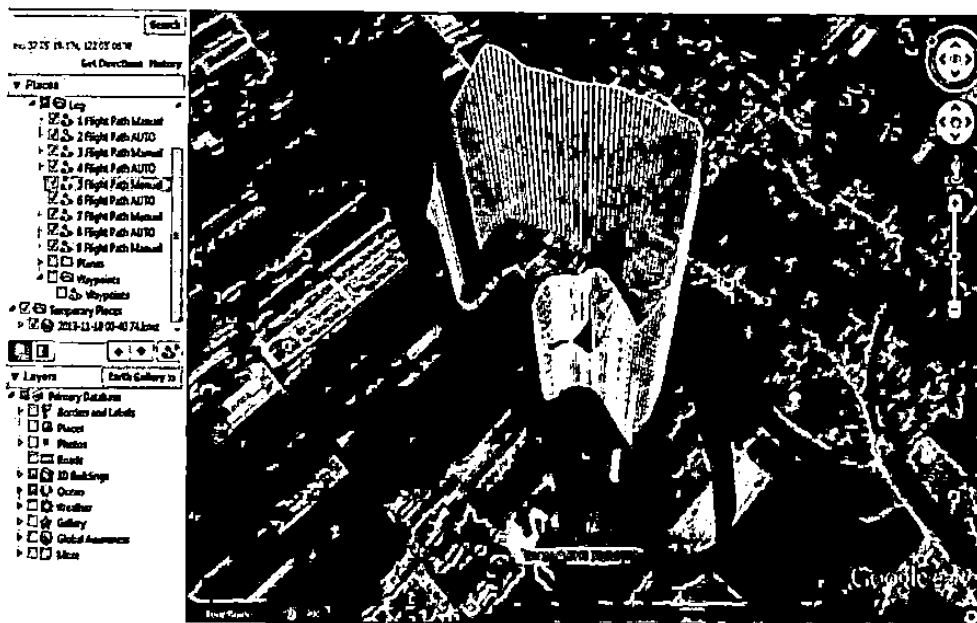
karena gangguan yang berasal dari hembusan angin yang menerpa pesawat.

Setelah pesawat model Solfix berhasil terbang sabil dengan menggunakan *Stabilize mode*, selanjutnya metode penerbangan pesawat diganti menjadi *Fly by Wire A mode*. Penerbangan menggunakan *Fly by Wire A mode* dilakukan untuk mengetahui kinerja Arduflyer 2.5 dalam membatasi pergerakan *elevator* pada nominal parameter LIM_PITCH_MAX dan LIM_PITCH_MIN yang telah ditentukan sebelumnya.

Pesawat model Solfix terbang dengan stabil menggunakan *Fly by Wire A mode*, dimana pergerakan *pitch nose up* dan *nose down* pesawat dapat dibatasi oleh *elevator* yang diberi perintah oleh Arduflyer 2.5 walaupun pesawat di kendalikan untuk melakukan gerakan *pitch* melebihi batas nominal parameter LIM_PITCH_MAX dan LIM_PITCH_MIN.

Keberhasilan pesawat model Solfix pada uji terbang *free flight manual mode* dan semi *auto mode* menandakan bahwa pesawat tersebut dapat terbang stabil secara *auto mode*. Hal ini dikarenakan penerbangan menggunakan *auto mode* adalah penerbangan yang mengkombinasikan *Fly by Wire A mode* dan parameter *navigasi* untuk pesawat terbang menuju *waypoint* yang telah ditentukan.

Adapun data penerbangan berupa rute penerbangan pesawat model Solfix ketika uji terbang dapat dilihat pada Gambar 4.90

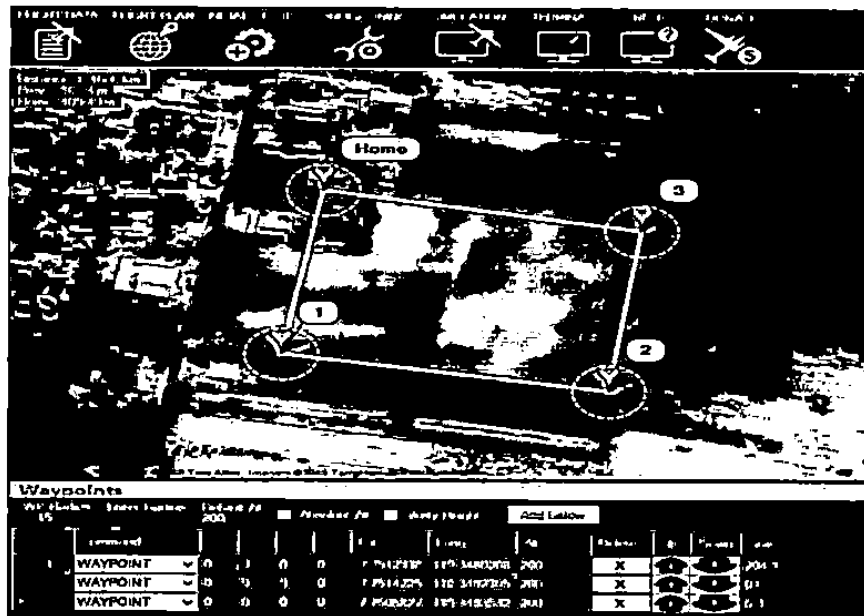


Gambar 4.80: Rute Penerbangan Pesawat Model Solfix

b. Uji Terbang *Auto Mode*

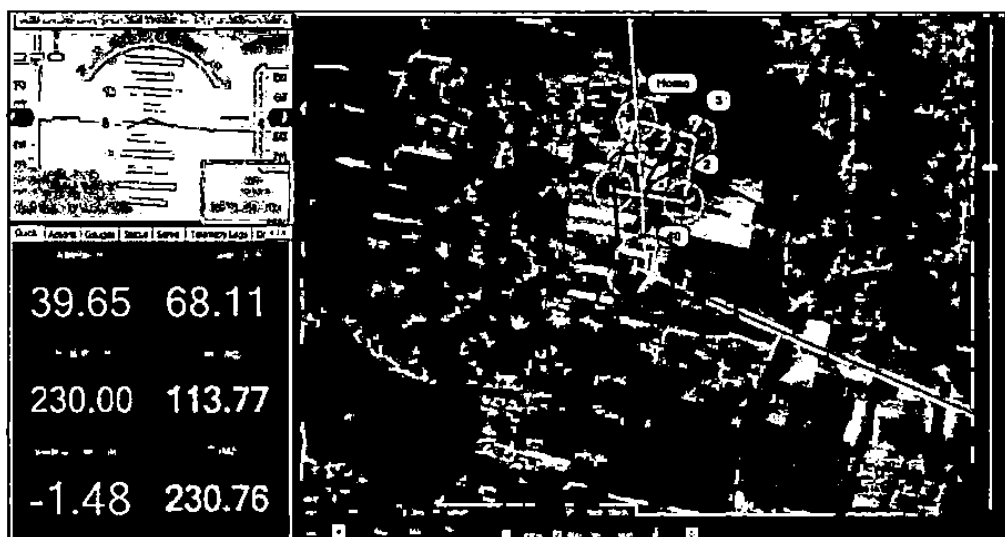
Uji terbang *auto mode* dilakukan setelah pesawat model Solfix dapat terbang stabil menggunakan *Stabilize mode* dan *Fly by Wire A mode*. Pada uji terbang *auto mode*. Sebelum melakukan penerbangan, *waypoint* atau jalur penerbangan pesawat akan ditentukan terlebih dahulu pada Mission Planner. *Waypoint* ditentukan mengikuti bentuk lapangan dimana pesawat model Solfix melakukan uji terbang (Gambar 4.81) dengan ketentuan sebagai berikut:

- Ketinggian terbang : 200 m
- *Waypoint radius* : 15 m
- Jumlah *Waypoint* : 3 *waypoint*
- Jumlah *Home Point* : 1 *home point*
- Jarak *home point* ke *waypoint 1* : 98,7 m
- Jarak *waypoint 1* menuju *waypoint 2* : 135 m
- Jarak *waypoint 2* menuju *waypoint 3* : 94,39 m
- Jarak *waypoint 3* menuju *home point* : 132,42 m



Gambar 4.81: *Waypoint Uji Terbang Auto Mode*

Pesawat Model Solfix akan *take off* menggunakan *stabilize mode* dan setelah pesawat berhasil *take off*, *flight mode* pesawat akan diganti menjadi *auto mode* kemudian pesawat akan terbang menuju *waypoint* yang telah ditentukan dan kembali ke *home*. Pesawat akan melakukan *loiter* atau berputar-putar mengelilingi *home point* pada radius 20 meter (Gambar 4.82).



Gambar 4.82: Pemantauan Pesawat Model Solfix dari GCS, jarak pesaat

masih terlampau jauh dari titik waypoint

Pada uji terbang ini pesawat model Solfix telah dapat terbang secara *autonomous* menuju titik *waypoint*, pesawat terbang dengan stabil menuju titik *waypoint* yang telah ditentukan sebelumnya pada *GCS*. Pesawat model Solfix terbang menuju titik *waypoint* setelah metode penerbangan diganti menjadi *Auto mode*, akan tetapi jarak pesawat masih terlampaui jauh dari titik *waypoint* sehingga belum sesuai terhadap perancangan awal.

4.7 Hasil Perancangan

Dari seluruh perancangan sistem *UAV* pada pesawat model Solfix yang telah dibahas, didapat hasil rancangan sebagai berikut:

- a. Dari pemilihan perangkat *UAV* dapat disimpulkan bahwa:
 - *Autopilot* yang digunakan pada pesawat model Solfix *UAV* adalah Arduflyer 2.5.
 - *GPS* yang digunakan adalah CRIUS CN-06.
 - *Wireless telemetry* yang digunakan adalah Xbee Pro 900.
- b. Dari Pemasangan sistem *UAV* pada pesawat model Solfix dapat disimpulkan bahwa:
 - Arduflyer 2.5 pesawat model Solfix ditempatkan pada *autopilot canopy* yang berada dibagian depan badan pesawat dengan arah posisi *input pin* berada di depan dan *output pin* berada di belakang.
 - Arduflyer 2.5 dipasang dengan pondasi plat plastik dengan dimensi $8,5 \times 5$ cm.
 - *GPS* dipasang pada sisi badan pesawat bagian atas, 10 cm di depan sayap.
 - Kabel penghubung *GPS* terhadap Arduflyer 2.5 berukuran 15 cm.
 - Modul Xbee Pro 900 ditempatkan pada sisi kiri badan pesawat bagian dalam dengan menggunakan pondasi dari bahan kayu Balsa.
 - Kabel penghubung Xbee Pro 900 terhadap Arduflyer 2.5 berukuran 10

- Xbee Pro 900 *Antenna* menggunakan jenis *Dipole antenna* dengan panjang 20 cm dan diameter 1 cm.
 - Xbee Pro 900 *Antenna* diletakan pada sisi atas badan pesawat, 5 cm di depan sayap.
 - Xbee Pro 900 *Antenna* dihubungkan terhadap modul Xbee Pro 900 menggunakan kabel *U.FL to RPSMA* dengan panjang 20 cm.
- c. Dari pengecekan sistem *UAV* yang dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:
- Arduflyer 2.5 dapat beroperasi dengan baik dengan skema pemasangan yang telah ditentukan. Semua lampu indikator pada Arduflyer 2.5 berfungsi sesuai dengan proses yang sedang terjadi seperti *GPS 3D fix*, *data transfer* dan *radio receiver*
 - *GPS* dapat beroperasi dengan baik. Waktu yang dibutuhkan *GPS* CRIUS CN-06 agar dapat *3D fix* bervariasi terhadap posisi pesawat ketika dinyalakan. Pada tahap pengecekan, *GPS* menjadi *3D fix* di dalam ruangan membutuhkan waktu 30-35 detik dan membutuhkan waktu hanya 10-15 detik apabila posisi pesawat berada diluar ruangan.
 - Xbee Pro 900 yang dipasang pada pesawat dapat beroperasi dengan baik. Seluruh indikator lampu pada modul Xbee Pro 900 berfungsi sesuai terhadap proses yang sedang dilakukan seperti data transfer, Xbee Pro 900 aktif dan Xbee Pro 900 pada pesawat telah terhubung terhadap Xbee Pro 900 pada *GCS*.
 - Jarak jangkauan Xbee Pro 900 bervariasi. Lokasi penerbangan yang memiliki banyak penghalang seperti gedung dan pepohonan serta interferensi dari perangkat elektronik lain yang mentransmisikan data pada frekuensi yang sama menjadi salah satu hambatan komunikasi antara Xbee pro 900 pada pesawat terhadap Xbee Pro 900 pada *GCS*.
 - Pada perancangan ini jarak jangkauan Xbee Pro 900 paling jauh

d. Dari konfigurasi *autopilot* terhadap pesawat model Solfix maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- Tipe kendaraan model yang dipilih pada perancangan ini adalah Arduplane
- *Compass configuration* dipilih *Auto Declination*
- *Accelerometer calibration* pesawat dilakukan terhadap kalibrasi 1 axis dan kalibrasi 3 axis
- *Radio control* yang digunakan pada perancangan ini adalah Spektrum DX8 dengan *switch channel* pemilihan *flight mode* di konfigurasi menggunakan Aux 1 pada *switch F mode switch* dan *Gear switch*.
- Nominal *PWM radio control* pada *radio calibration* didapat:
 - *Channel 1* : 919 - 1950
 - *Channel 2* : 1129 - 1920
 - *Channel 3* : 1109 - 1930
 - *Channel 4* : 920 - 1899
 - *Channel 8* : 1212 - 1779
- *Flight mode* yang digunakan dalam perancangan ini adalah *Manual mode*, *Stabilize mode*, *Fly by Wire A mode*, *Return to launch* dan *Auto mode*.
- Konfigurasi *servo rate* pada *radio control* untuk pemilihan *flight mode* adalah:
 - *Minimum Servo Rate* 63%
 - *Maximum Servo Rate* 70%
- *Failsave* yang digunakan pada perancangan ini adalah *throttle failsafe* dengan nominal minimum *PWM throttle* 918 dan *flight mode* yang digunakan untuk *failsafe* adalah *Return to Launch*
- Sensor batere yang digunakan pada perancangan ini menggunakan APM Power Module
- Konfigurasi batere disesuaikan terhadap batere pesawat model Solfix

- Konfigurasi *battery warning* pada Mission Planner di tentukan 9,6 volt
- e. Dari tahap *tuning autopilot* terhadap pesawat model Solfix maka didapat kesimpulan sebagai berikut:
- Syarat melakukan *Tuning* adalah:
 - Seluruh bidang kemudi pesawat model Solfix telah dapat terbang stabil ketika dilakukan penerbangan dengan *manual mode*
 - *Radio control* pesawat model Solfix harus telah dalam keadaan terkonfigurasi untuk pemilihan *flight mode*
 - Pesawat model Solfix telah dalam keadaan *level*.
 - Parameter *Tuning* yang digunakan pada perancangan ini adalah:
 - RLL2SRV_P
 - RLL2SRV_D
 - PTCH2SRV_P
 - PTCH2SRV_D
 - YAW2SRV_RLL
 - YAW2SRV_DAMP
 - *Rudder Mix*
 - *Throttle Min*
 - *Throttle Max*
 - LIM_PITCH_MIN
 - LIM_PITCH_MAX
 - NAVL1_PERIOD
 - NAVL1_DAMPING
 - *Flight tuning* dilakukan dengan mengobservasi pergerakan pesawat ketika melakukan penerbangan menggunakan *Fly by Wire A mode*
 - *Flight tuning* dilakukan untuk menganalisis pergerakan pesawat dan mendapatkan nominal parameter pesawat yang tepat
 - Tahapan *flight tuning* yang dilakukan adalah *roll tuning*, *pitch tuning*, *yaw tuning* dan *navigation tuning*

- *Waypoint Navigation tuning* pada Mission Planner dibuat dengan data sebagai berikut:
 - Ketinggian terbang : 200 m
 - *Waypoint radius* : 20 m
 - Jumlah *Waypoint* : 3 *waypoint*
 - Jumlah *Home Point* : 1 *home point*
 - Jarak *home point* ke *waypoint 1* : 58,76 m
 - Jarak *waypoint 1* menuju *waypoint 2* : 95,16 m
 - Jarak *waypoint 2* menuju *waypoint 3* : 60,02 m
 - Jarak *waypoint 3* menuju *home point* : 96,90 m
 - Pada *roll tuning* didapat nominal RLL2SRV_P sebesar 1.5 dan RLL2SRV_D sebesar 0.1
 - Pada *pitch tuning* didapat Nominal PTCH2SRV_P sebesar 1.5 dan PTCH2SRV_D sebesar 0.12
 - Nominal Parameter LIM_PITCH_MAX sebesar 1800 dan LIM_PITCH_MIN sebesar 2000
 - Pada *yaw tuning* didapat Nominal YAW2SRV_RLL sebesar 1.5 dan YAW2SRV_DAMP sebesar 0.3
 - Nominal *rudder mix* didapat 0,250
- f. Dari tahap *tuning autopilot* terhadap pesawat model Solfix maka didapat kesimpulan sebagai berikut:
- a. Uji terbang *Free Flight Manual mode* dan *Semi Auto mode* berjalan dengan baik, pesawat model Solfix dapat terbang dengan *flight mode: manual mode, stabilize mode, dan Fly by Wire A mode* dengan stabil
 - b. Uji terbang *Free Flight Manual mode* dan *Semi Auto mode* berjalan dengan baik, pesawat model Solfix dapat terbang dengan *flight mode: manual mode, stabilize mode, dan Fly by Wire A mode* dengan stabil
 - c. Uji terbang *auto mode* menggunakan *waypoint* yang sama dengan *waypoint navigation tuning*
 - d. Hasil dari uji terbang *auto mode* adalah pesawat dapat terbang stabil

telah ditentukan, akan tetapi butuh dilakukan beberapa konfigurasi pada *navigation tuning* dikarenakan jarak pesawat melakukan belokan terhadap titik *waypoint* yang terlampau jauh sehingga uji terbang *auto mode* belum sesuai terhadap rancangan awal