

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Perancangan sistem dilakukan dari bulan Juli sampai Desember 2012, bertempat di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.

B. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. 1 unit *electronic tools kit*.
2. 1 unit komputer pribadi dan printer.
3. 1 unit *downloader Future Techonology Devices International (FTDI)*.
4. Multimeter digital.
5. 1 unit osiloskop digital.
6. Perangkat lunak Arduino.
7. Perangkat lunak Visual Studio 2010.
8. 1 unit solder untuk realisasi rangkaian.
9. *Project Board*

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan untuk perancangan ini adalah:

1. 1 unit rangka *quadcopter*.

2. 4 unit *brushless motor* 1300Kv dengan *propeller* 8x4.5.
3. 4 unit *electrical speed control* 50A
4. 1 unit baterai 3 *Cells* (11.1 V) dengan kapasitas 5500 mAh.
5. 1 unit modul MultiWii yang terdiri dari atas mikrokontroler ATmega 328P, 3 *axis magnetometer*, 3 *axis gyrocope*, dan 3 *axis accelerometer*.
6. 1 unit sistem minimum ATmega 328P.
7. Komponen elektronika yang terdiri atas komponen resistor, kapasitor, transistor, kristal dan rangkaian terpadu (*intregated circuit* atau IC).
8. 1 unit penerima GPS U-Blox Neo 6M.
9. 1 unit pemancar dan penerima radio 9Xtend 900Mhz.
10. 1 unit *Radio Control* 9 *channel* 2.4 Ghz.
11. PCB polos secukupnya.
12. Kabel secukupnya.

C. Langkah-langkah Kerja Perancangan

Dalam perancangan sistem telemetri ini dilakukan langkah-langkah kerja sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan yang mendukung tentang penulisan tugas akhir ini, antara lain :

- a. Sistem kontrol pada quadcopter
- b. Bahasa pemrograman Arduino
- c. Karakteristik mikrokontroler ATmega 328P

- d. Bagaimana merancang sistem keseimbangan motor.
- e. Komunikasi antarmuka GPS dan mikrokontroler
- f. Sistem *holding position* pada quadcopter
- g. Penampil program berbasis GUI

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari bahan-bahan ajar, internet, dan juga dari hasil penelitian sebelumnya yang membahas tentang sistem ini.

2. Perancangan blok diagram rangkaian sistem kendali

Perancangan blok diagram ini dilakukan agar mempermudah dalam merealisasikan alat yang akan dibuat.

3. Implementasi rangkaian sistem kendali

Implementasi rangkaian dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Menentukan rangkaian dari masing-masing blok diagram yang ada.
- b. Memilih komponen yang sesuai untuk setiap rangkaian.
- c. Merangkai dan melakukan pengujian terhadap rangkaian yang telah dibuat pada masing-masing blok diagram.
- d. Membuat program menggunakan bahasa C dan kemudian memasukkannya dalam sebuah mikrokontroler ATmega 328P.
- e. Menggabungkan rangkaian perblok yang telah diuji pada sebuah papan percobaan (*project board*), melakukan pengujian ulang setelah dilakukan penggabungan rangkaian.
- f. Merangkai semua rangkaian yang telah dibuat dan dinyatakan berhasil ke dalam sebuah PCB.

4. Uji coba kontroler sistem kendali

Uji coba kontroler ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari alat yang telah dibuat. Adapun pengujian dilakukan secara perbagian serta secara keseluruhan untuk menentukan tingkat keberhasilan kontroler ini.

Adapun hal-hal yang diuji cobakan sebagai berikut:

- a. Sistem keseimbangan motor pada quadcopter
- b. Kinerja sensor *magnetometer*, sensor barometer, sensor *accelerometer*, dan sensor *gyro*
- c. Kinerja sistem *altitude hold* pada quadcopter
- d. Kinerja sistem *position hold* pada quadcopter
- e. Penampil data pada sistem GUI
- f. Kinerja sistem secara keseluruhan

5. Analisis dan kesimpulan

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengujian sistem ini baik perbagian maupun secara keseluruhan dengan nilai yang diharapkan dari literatur yang ada.

6. Pembuatan laporan

Akhir dari tahap penelitian ini adalah pembuatan laporan dari semua kegiatan penelitian yang telah dilakukan.

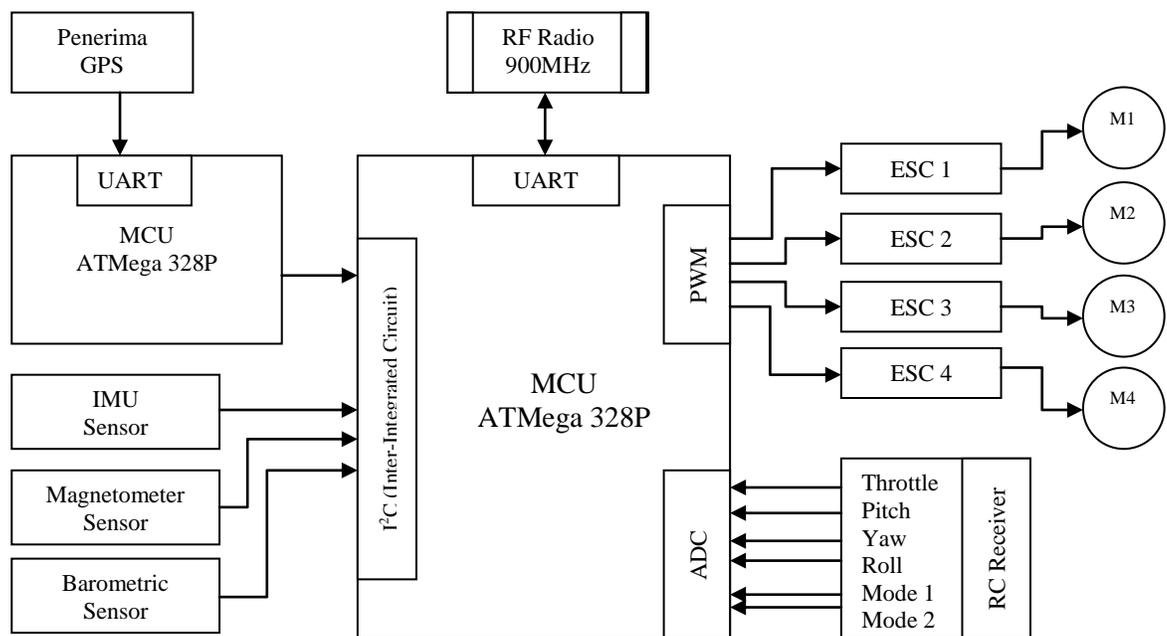
D. Spesifikasi Alat

Spesifikasi dari alat yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Quadcopter dengan konfigurasi X menggunakan *brushless motor* 1300 KV, *propeller* 8x4.5, dan baterai 5500 mAh
2. Sistem keseimbangan motor pada quadcopter yang mampu bekerja secara otomatis.
3. Proses penerjemah kode NMEA yang dilakukan oleh mikrokontroler ATmega 328P.
4. Sebuah quadcopter yang memiliki kemampuan untuk melakukan *holding position*.
5. Terdapat 2 mode dalam sistem kendali *holding position* ini, yaitu :
 - a. Mode 1 : sistem melakukan keseimbangan motor + *altitude hold*
 - b. Mode 2 : sistem melakukan keseimbangan motor + *altitude hold* + *position hold*.
6. Data telemetri (*downlink*) dikirim melalui saluran audio RF pemancar 900 MHz dengan frekuensi 2 Hz secara serial dengan *bit rate* 115200 bps.
7. Informasi data telemetri ditampilkan pada komputer pribadi dengan bentuk program antarmuka GUI (*Graphical User Interface*).

E. Blok Diagram Rangkaian

Untuk mempermudah dalam perancangan, maka rangkaian dipisahkan berdasarkan fungsinya. Berikut ini adalah blok diagram rangkaian pada kontroler:



Gambar 3.1 Blok diagram rangkaian pengendali quadcopter



Gambar 3.2 Blok diagram *ground control station*

F. Perancangan Sistem

1. Quadcopter

Quadcopter digunakan sebagai media untuk melakukan pengawasan, foto udara, dan sebagai pengangkut kamera dan alat-alat telemetri lainnya. Quadcopter yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Lebar rangka : 550 mm / 21.65 in

Berat rangka : 280 gram (tanpa komponen kelistrikan)

Material rangka : fiber karbon

Propellers : 8x4.5 CW dan 8x4.5 CCW

Tipe Motor : *Brushless motor* 1300 rpm/V (420 w) *thrust* 1650 gram



Gambar 3.3 Perancangan *quadcopter*

Dengan konfigurasi seperti ini memungkinkan quadcopter dapat terbang dengan daya angkat yang dapat dijelaskan menggunakan persamaan 2.29 sebagai berikut:

Diketahui:

$$v_{motor} = 1300 \text{ rpm/Volt}$$

$$V_{baterai} = 11.1 \text{ Volts (3 cell)}$$

$$\text{Pitch (} p \text{)} = 4.5 \text{ inch} = 0.1143 \text{ m}$$

$$\text{Diameter (} D \text{)} = 8 \text{ inch} = 0.2032 \text{ m}$$

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$C_L = 0.1 \text{ (hover angel of attack } \alpha 0^\circ \text{)}$$

Jawab:

Maka v maksimum:

$$v_{max} = 1300 \frac{\text{rpm}}{\text{volt}} \times 11.1 \text{ volt} = 14330 \text{ rpm} = 240.5 \text{ rev/sec}$$

Kecepatan rotasi pada *propeller* berdasarkan persamaan 2.9:

$$v = v \cdot \text{pitch}$$

$$v = 240.5 \text{ rev/sec} \times 0.1143 \text{ meter} = 27.48915 \text{ m/s}$$

Maka *lift* dapat dicari dengan persamaan 2.8:

$$L = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_L$$

$$L = \frac{1}{2} \left(1.225 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \times (27.48915 \text{ m/s})^2 \times (\pi \times 0.1016 \text{ m}^2) \times 0.1$$

$$L = 0.6125 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 755.6533677 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \times 0.0324 \text{ m}^2 \times 0.1$$

$$L = 1.5009 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$$

Karena menggunakan 4 buah motor maka daya angkat yang dihasilkan adalah:

$$4L = 4 \times 1.5009 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2} = 6.003 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2}$$

2. *Payload*

Pada sistem *holding position*, terdapat *payload* yang terdiri dari sensor, kontroler, dan perangkat komunikasi.

1. Sensor

Sensor pada *payload* terdiri atas, sensor magnetometer, sensor barometer, sensor IMU, dan penerima GPS.

2. Kontroler

Kontroler yang digunakan adalah ATmega 328P, yang merupakan komponen utama sebagai pengendali quadcopter.

3. Perangkat komunikasi

Perangkat komunikasi yang digunakan adalah Modem Maxstream 9Xtend 900 Mhz OEM Module sebagai pengirim dan penerima data dari GCS (*Ground Control Station*)

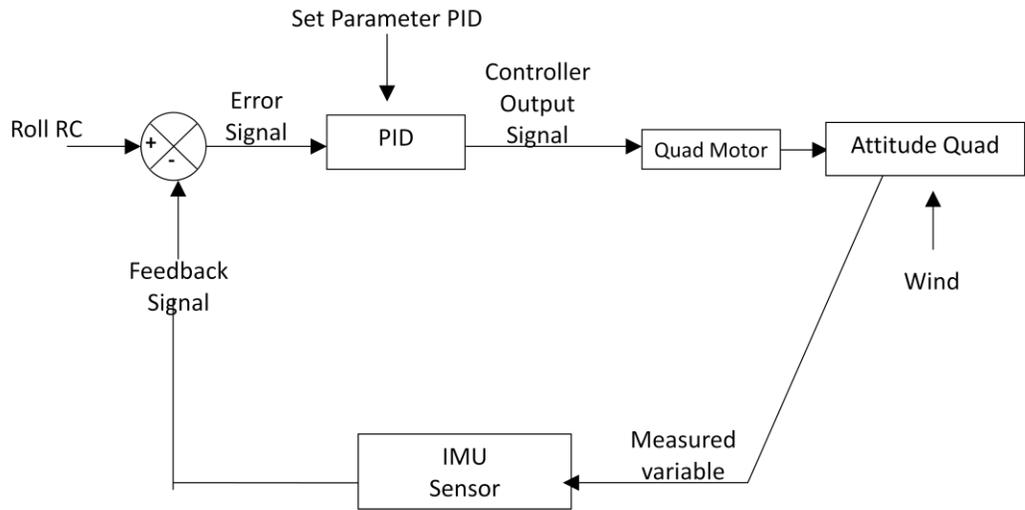
3. Perancangan Kontroler

Kontroler dirancang agar dapat melakukan tugas antarmuka dengan perangkat keras lainnya dan perhitungan. Dengan harapan seperti ini kontroler dapat dibangun dengan menggunakan mikrokontroler keluarga AVR Atmega 328P dari ATMEL.

4. Implementasi PID Pada Sistem Kendali *Holding Position*

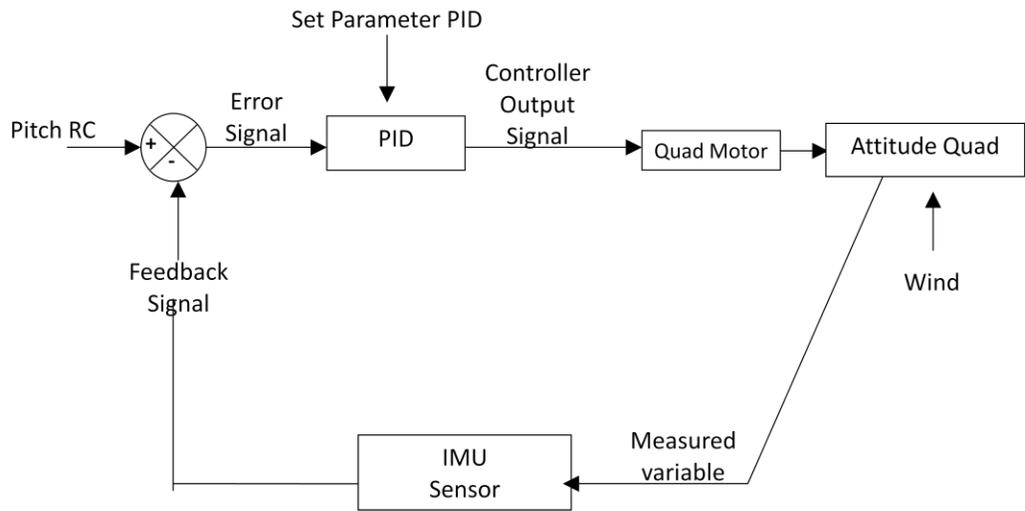
Untuk dapat mengendalikan quadcopter dengan baik pada saat *holding position*, maka perlu digunakan fungsi PID agar quadcopter melakukan gerakan untuk menyesuaikan dengan keadaan. Untuk keberhasilan fungsi PID ini maka dibutuhkan *tuning parameter* PID. Berikut adalah blok diagram pengendalian PID untuk *holding position* pada quadcopter:

a. Implementasi PID pada kontrol *Roll*



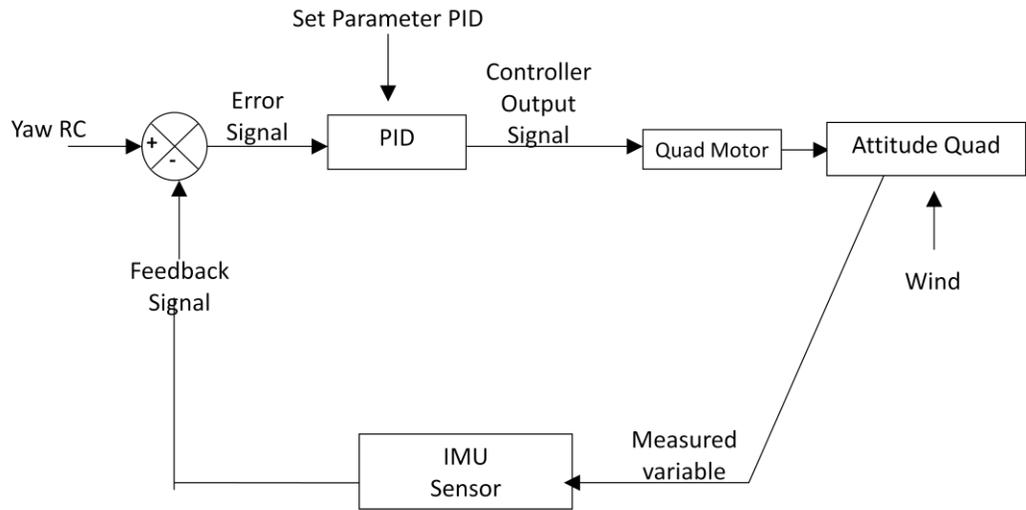
Gambar 3.4 Implementasi PID pada kontrol *roll*

b. Implementasi PID pada kontrol *Pitch*



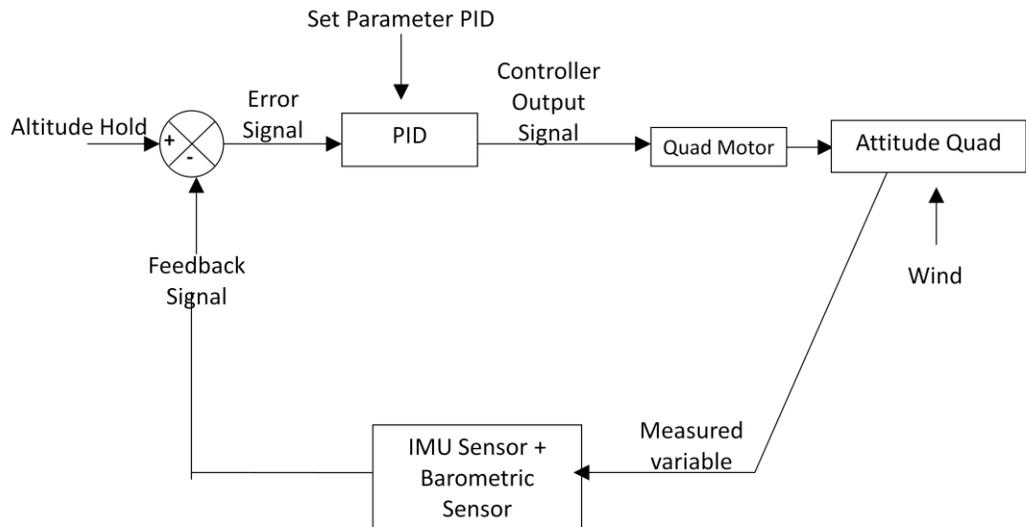
Gambar 3.5 Implementasi PID pada kontrol *pitch*

c. Implementasi PID pada kontrol *Yaw*



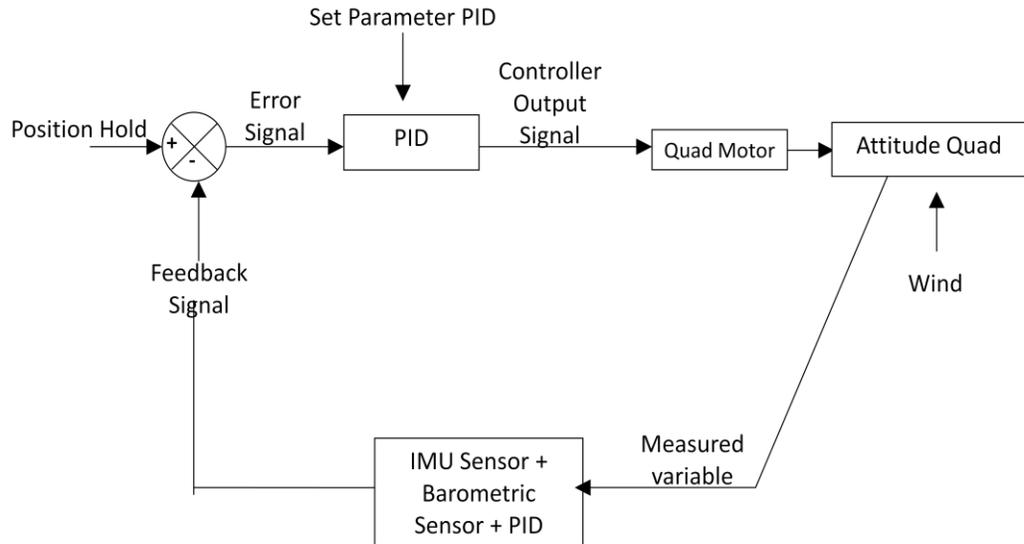
Gambar 3.6 Implementasi PID pada kontrol yaw

d. Implementasi PID pada kontrol *Altitude Hold*



Gambar 3.7 Implementasi PID pada kontrol *altitude hold*

e. Implementasi PID pada kontrol *Position Hold*



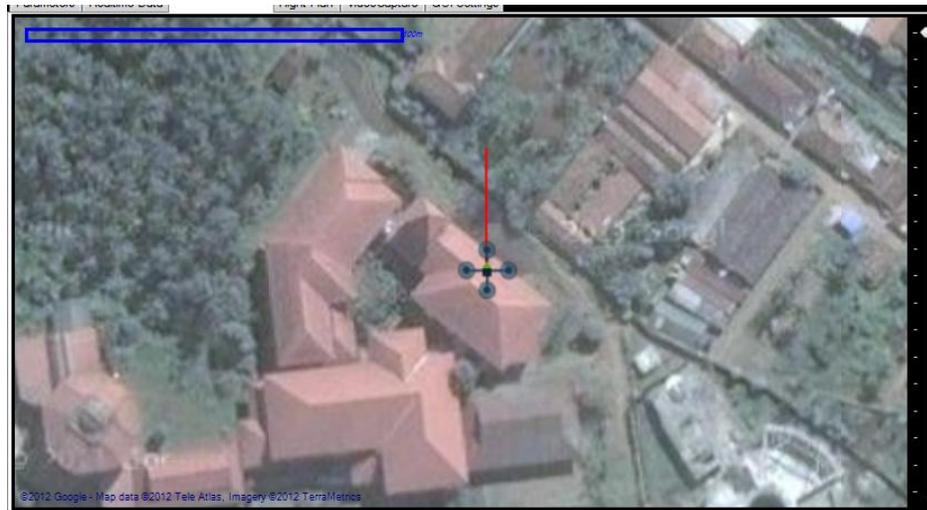
Gambar 3.8 Implementasi PID pada kontrol *position hold*

5. Ground Control Station (GCS)

Software Ground Control Station (GCS) memiliki beberapa fitur penting diantaranya:

a. *Real-Time Map View*

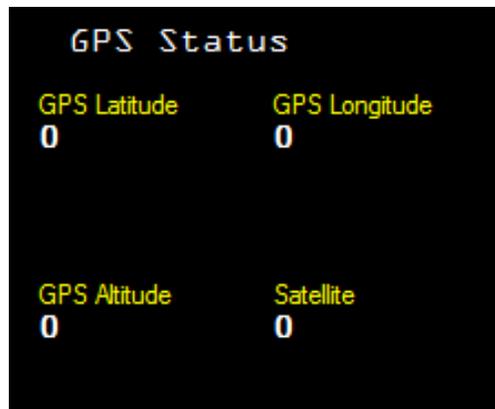
Real-Time Map View merupakan tampilan koordinat GPS quadcopter dalam bentuk peta dan bekerja secara *real-time*. Fitur ini berfungsi untuk melihat posisi quadcopter secara *real-time* berdasarkan koordinat GPS yang didapat oleh penerima GPS, serta sensor *magnetometer* untuk mengetahui posisi *heading* atau bagian depan quadcopter. Fitur ini dilengkapi tombol *scroll* untuk melihat secara *zoom in* atau *zoom out*.



Gambar 3.9 *Real-Time Map View* pada *Ground Station*

b. GPS Status

Fitur ini berfungsi untuk melihat status GPS, yaitu posisi *latitude*, *longitude*, *altitude*, dan jumlah satelit yang diterima GPS.

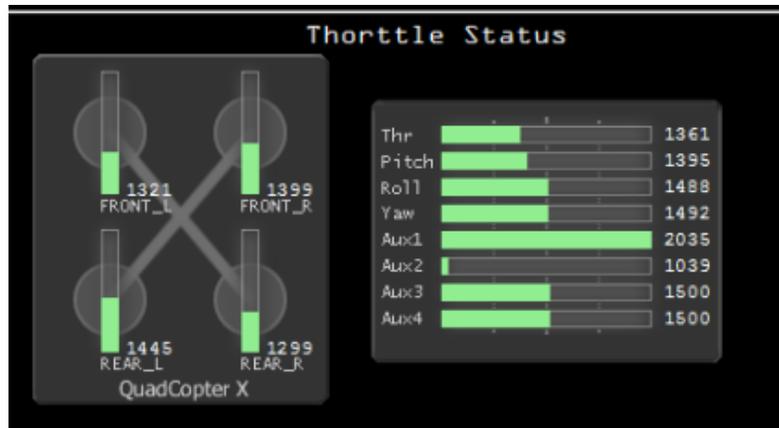


Gambar 3.10 GPS Status pada *Ground Station*

c. Throttle Status

Fitur ini berfungsi untuk mengetahui status *throttle* dari keempat motor pada quadcopter. Sehingga dapat dilihat pada ground station keseimbangan

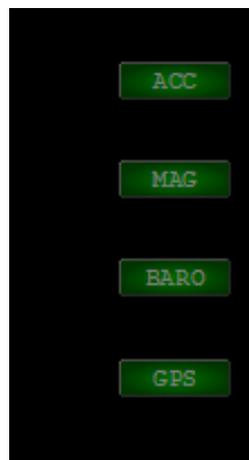
quadcopter ketika dioperasikan serta *channel* Aux1 (Mode1) dan Aux2 (Mode2) dapat dilihat. Tampilannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3.11 Throttle Status pada ground station

d. Sensor status

Fitur ini menunjukkan indikator sensor pada quadcopter aktif atau tidak aktif. Sehingga dapat keadaan kontroler dapat dilihat pada *ground station* mengalami *error* atau tidak.



Gambar 3.12 Indikator sensor pada ground station

e. GPS *fix* indikator

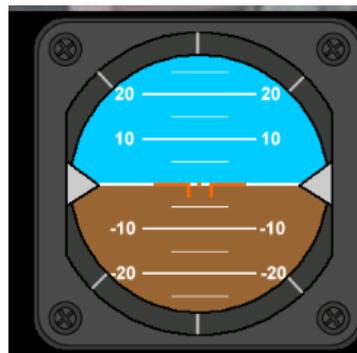
Fitur ini berfungsi untuk menyatakan bahwa GPS dalam keadaan *fix* dimana jumlah satelit yang diterima lebih dari 5 dan menunjukkan jarak quadcopter dari *home* dengan satuan meter.



Gambar 3.13 GPS *fix* indikator

f. *Artificial Horizon*

Instrumen ini digunakan untuk menampilkan kondisi horisontal wahana. Dengan tampilan ini kita dapat melihat posisi kemiringan wahana. Cara membuatnya dengan memanfaatkan instrumentasi *Avionic* dari *codeproject.com*. sehingga dapat digunakan serta ditambahkan kedalam *project form* ini. Instrumen ini bekerja dengan menggunakan data yang didapat dari data sensor yang diolah oleh kontroler.



Gambar 3.14 Instrumen *artificial horizon* pada GCS

g. Kecepatan GPS

Instrumen ini digunakan untuk menampilkan kecepatan wahana dalam satuan (cm/s). Data yang digunakan adalah data keluaran GPS yang diolah oleh mikrokontroler dan bersama-sama dikirimkan pada paket pengiriman dari kontroler.



Gambar 3.15 Instrumen kecepatan GPS

h. *Heading*

Instrumen *heading* digunakan untuk menunjukan kearah mata angin mana wahana terbang dengan satuan derajat dari 0° - 359° . Cara membuatnya dengan memanfaatkan instrumentasi *Avionic* dari *codeproject.com*. sehingga dapat digunakan serta ditambahkan kedalam *project form* ini. Instrumen ini bekerja dengan menggunakan data yang didapat dari data kontroler.



Gambar 3.16 Instrumen *heading* pada GCS

i. *Altitude*

Instrumen *Altimeter* digunakan untuk mengetahui ketinggian wahana dari permukaan tanah. Cara membuatnya dengan memanfaatkan instrumentasi *Avionic* dari *codeproject.com*. sehingga dapat digunakan serta ditambahkan kedalam *project form* ini. Instrumen ini bekerja dengan menggunakan data yang didapat dari data kontroler.



Gambar 3.17 Instrumen *altitude* pada GCS

j. *Vertical Speed Instrument*

VSI (*Vertical Speed Instrument*) adalah instrument yang digunakan untuk mengetahui kecepatan udara sesaat ketika terjadi perubahan ketinggian. Semakin cepat pesawat naik atau turun maka makin cepat kecepatan udaranya. Perubahan kecepatan sesaat tersebut menggunakan satuan m/s (meter per second).



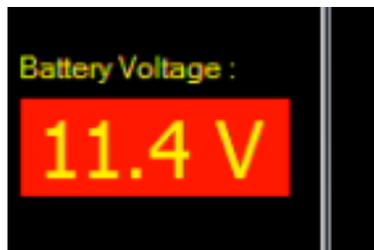
Gambar 3.18 Instrumen VSI (*Vertical Speed Instrument*) pada GCS

k. Baterai Indikator

Merupakan informasi yang menunjukkan kapasitas baterai pada quadcopter ketika beroperasi. Indikator ini menggunakan sistem pembagi tegangan dengan persamaan berikut:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{in} \quad (3.1)$$

Dimana V_{out} digunakan sebagai masukan ADC pada mikrontroler, V_{in} adalah kapasitas tegangan baterai dan R_1 dan R_2 adalah nilai tahanan yang digunakan.



Gambar 3.19 Baterai indikator pada GCS

6. Pengujian

Untuk mengetahui keberhasilan dari penelitian ini maka terdapat beberapa pengujian diantaranya yaitu:

a. Uji Laboratorium

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui kemampuan perangkat dapat berfungsi dengan baik sebelum terbang, pengujian–pengujian tersebut meliputi :

1. Pengujian sistem kendali quadcopter secara manual

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sistem kendali pada quadcopter bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian secara manual dilakukan menggunakan mikrokontroler dan *rc transmitter* tanpa menggunakan sensor, sehingga dapat dilihat pergerakan quadcopter sudah seperti yang diharapkan atau tidak. Pada pengujian ini juga dilihat pergerakan sinyal PWM apakah sudah dapat dikontrol melalui *rc transmitter* atau tidak.

2. Pengujian sistem komunikasi antara sistem kontrol manual dengan GCS

Pengujian ini dilakukan untuk melihat data dari kontroler yakni berupa sinyal PWM yang telah diuji sebelumnya dikirim menggunakan *wireless* dan diterima pada GCS yang telah ditambah *throttle status*. Dalam pengujian ini dapat dilihat, apakah data yang dikirim oleh *wireless* diterima dengan baik oleh GCS.

3. Pengujian sistem keseimbangan quadcopter menggunakan sensor

Pengujian ini dilakukan untuk melihat sistem keseimbangan quadcopter setelah ditambahkan beberapa sensor pendukung, yaitu sensor IMU (*Inertia Measuring Unit*), sensor magnetometer, sensor barometer. Pengujian ini dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan sensor dalam mengendalikan

rotor dengan melihat nilai *feedback* dari rotor melalui GCS (*Ground Control Station*).

4. Pengujian komunikasi serial pada GPS (*Global Positioning System*) dengan stasiun bumi melalui saluran radio 900Mhz

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah GPS bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan melihat data NMEA pada *hyper terminal*, sehingga dapat dilakukan pemrograman selanjutnya.

5. Pengujian GCS (*Ground Control Station*) secara keseluruhan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat data-data yang dikirimkan oleh kontroler dapat diterima dengan baik atau tidak. Pengiriman data menggunakan *wireless* dan penampil GCS berbassis GUI (*Graphical User Interface*).

b. Uji Lapangan

Uji lapangan ini merupakan tahap pengujian secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan melakukan penerbangan maupun uji respon darat serta mengamati beberapa poin terkait dengan fungsi *holding position* dan respons quadcopter pada saat penerbangan. Pengujian lapangan meliputi pengujian wahana quadcopter dengan parameter-parameter yang telah ditentukan pada penelitian ini. Pengujian lapangan meliputi:

1. Pengujian sistem kontrol quadcopter

Pengujian ini dilakukan untuk melihat konfigurasi sistem kontrol secara manual, serta pergerakan dari quadcopter itu sendiri apakah sudah sesuai dengan mode pergerakan pada rc *transmitter*.

2. Pengujian sistem keseimbangan quadcopter

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon quadcopter dalam menjaga keseimbangan dengan mengaktifkan sensor IMU dan sensor magnetometer. Respon tersebut dapat dilihat pada *log GCS (Ground Control System)* berupa data tabel dan grafik, serta hasil pengujian ini dapat dilihat dalam bentuk rekaman video.

3. Pengujian sistem *altitude hold* pada quadcopter

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon quadcopter dalam menjaga keseimbangan dan ketinggian terbang wahana dengan mengaktifkan sensor IMU, sensor magnetometer dan sensor barometer. Respon tersebut dapat dilihat pada *log GCS (Ground Control System)* berupa data tabel dan grafik, serta hasil pengujian ini dapat dilihat dalam bentuk rekaman video.

4. Pengujian sistem *position hold* pada quadcopter

Pengujian ini dilakukan untuk melihat respon quadcopter dalam menjaga keseimbangan, ketinggian, dan posisi koordinat terbang wahana dengan mengaktifkan sensor IMU, sensor magnetometer, sensor barometer, dan GPS. Respon tersebut dapat dilihat pada *log GCS* berupa data tabel dan grafik, serta hasil pengujian ini dapat dilihat dalam bentuk rekaman video.