

# Sistem Kendali *Holding Position* Pada *Quadcopter* Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p

Muhammad Rizky Wiguna Utama<sup>1</sup>, M. Komarudin<sup>2</sup>, Agus Trisanto<sup>3</sup>

*Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung  
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145*

<sup>1</sup>mrizkywiguna@gmail.com

<sup>2</sup>m.komarudin@gmail.com

<sup>3</sup>at@unila.ac.id

**Intisari---***Quadcopter* adalah salah satu jenis UAV *rotary-wing* yang merupakan pengembangan dari teknologi pada helikopter yang menggunakan satu buah *rotor*, menjadi empat buah *rotor*. Sistem kendali *holding position* pada *quadcopter* adalah sebuah sistem kendali *autonomous* pada *quadcopter* untuk mempertahankan posisi (*holding position*) koordinat terbang yang ditentukan melalui salah satu *channel* remot pada pilot dan mampu ditampilkan dalam bentuk *Graphical User Interface* (GUI) pada *Ground Control Station* (GCS).

Sistem kendali *holding position* pada penelitian ini menggunakan Penerima GPS Ublox Neo-6M sebagai penentu koordinat pada *quadcopter*, sensor *Inertia Measuring Unit* (IMU) MPU 6050 sebagai pengontrol *autonomous* pada saat *holding position*, sensor *digital pressure* BMP085 sebagai kontrol ketinggian *quadcopter*, dan sensor magnetometer sebagai penentu *heading* pada *quadcopter*. Sistem kendali *holding position* pada *quadcopter* dikendalikan menggunakan mikrokontroler Atmega 328P menggunakan sistem kendali *Proportional Integral Derivative* (PID). Dengan GCS berbasis GUI, maka status dari *quadcopter* dapat dilihat pada laptop dengan komunikasi *wireless*.

Hasil penelitian ini adalah *quadcopter* mampu mempertahankan posisi (*holding position*) ketika mode *holding position* diaktifkan dari salah satu *channel* remot pada pilot, dan mampu mengirim data telemetri ke GCS dalam bentuk GUI melalui radio frekuensi 900Mhz.

**Kata kunci---** *Quadcopter*, PID, *holding position*, GCS, GUI

**Abstract---***Quadcopter* is one of kind of UAV *rotary-wing* which is the development of technology in the helicopter that uses a single rotor, become four rotor. Holding Position Control system of the *quadcopter* is an autonomous control system on the *quadcopter* to maintain position (*holding position*) coordinates are determined to fly through one channel of the remote pilot and is able to be displayed in the form of a Graphical User Interface (GUI) in the Ground Control Station (GCS).

Holding position control system in this study using a GPS receiver Ublox Neo-6M as a determinant of the coordinates on the *quadcopter*, sensor Inertia Measuring Unit (IMU) MPU 6050 as an autonomous controller while holding position, sensor BMP085 digital pressure as altitude control *quadcopter*, and magnetometer sensor as determinant heading on *quadcopter*. Holding position control system of the *quadcopter* is controlled by microcontroller Atmega 328P using Proportional Integral Derivative control system (PID). With GCS-based GUI, the status of the *quadcopter* can be viewed on a laptop with wireless communications.

Results of this study were able to maintain a position *quadcopter* (*holding position*) when the mode of holding position is activated from one channel on the remote pilot, and is able to send telemetry data to the GCS in GUI form via 900MHz radio frequency.

**Keyword---** *Quadcopter*, PID, *holding position*, GCS, GUI

## I. PENDAHULUAN

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) secara umum dapat diartikan sebuah wahana udara jenis *fixed-wing*, *rotary-wing*, ataupun pesawat yang mampu mengudara pada jalur yang ditentukan tanpa kendali langsung oleh pilot. Teknologi UAV sudah banyak di aplikasikan untuk pemantauan lingkungan dan keamanan, pengawasan meteorologi, riset cuaca, agrikultur, eksplorasi dan eksploitasi bahan-bahan mineral bahkan untuk kepentingan militer.<sup>[1]</sup>

Sebuah kemajuan teknologi terbaru dari UAV dilengkapi perangkat pendukung yang

memungkinkan wahan dapat sepenuhnya dikendalikan secara *autonomous*. Sistem *autonomous* UAV pada awalnya dikembangkan pada wahana dengan tipe *fixed-wing*. Sebuah *flight controller* digunakan sebagai pusat pengendalian dari sebuah wahana UAV yang dilengkapi dengan sistem algoritma untuk menggantikan pilot serta pembacaan sensor pendukung UAV.

Pada saat ini perkembangan sistem *autonomous* digunakan pada sistem wahana bertipe *rotary-wing*. Salah satu jenis *rotary-wing* yang berkembang saat ini adalah *quadrotor* atau *quadcopter*. Teknologi *quadcopter* diharapkan mampu meningkatkan

daya angkat *payload* tanpa mengurangi efisiensi dari sebuah wahana udara. Sistem penggerak pada *quadcopter* menggunakan empat buah motor yang merupakan sinkronisasi antara dua buah motor yang berputar searah jarum jam dan dua buah motor yang berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Dengan sistem tersebut *quadcopter* memiliki tantangan dalam segi kontrol yang menarik kalangan industri maupun universitas untuk mengembangkan sistem tersebut. Salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*) sebuah *quadcopter* diharapkan mampu mempertahankan posisi pada koordinat yang ditentukan, sehingga dengan adanya teknologi tersebut *quadcopter* dapat diimplementasikan untuk berbagai bidang antara lain, inspeksi pada BTS, *aerial photography*, pemetaan, dan sebagai satelit.

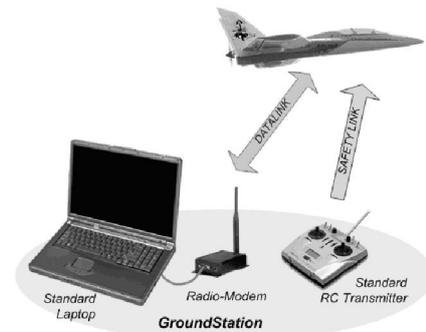
Pada penelitian ini membahas rancang bangun sebuah sistem kendali *holding position* pada wahana *quadcopter* dengan memanfaatkan teknologi GPS (*Global Positioning System*), sehingga *quadcopter* memiliki kemampuan *autonomous* untuk mempertahankan posisi koordinat terbang yang ditentukan.

## II. TEORI DASAR

### A. Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

*Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau disebut wahana udara tak berawak merupakan sebuah wahana terbang yang mempunyai kemampuan dapat beroperasi tanpa adanya pilot didalam wahana tersebut.

UAV merupakan wahana udara tak berawak yang salah satu pengoperasiannya dengan cara dikendalikan dari jarak jauh. UAV dapat berupa, pesawat atau helikopter yang menggunakan sistem navigasi mandiri. Pada dasarnya pesawat, atau helikopter dapat dipertimbangkan untuk menjadi kendaraan udara yang dapat melakukan misi yang berguna dan dapat dikendalikan dari jauh atau memiliki kemampuan terbang secara otomatis.<sup>[1]</sup>



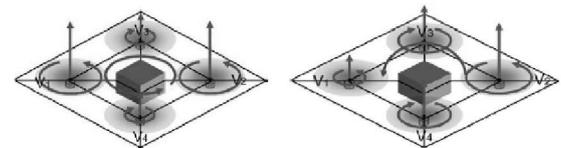
Gbr. 1 Sistem UAV Secara Umum

### B. Multirotor/Multicopter UAV

Multirotor merupakan salah satu UAV yang dengan konfigurasi *rotary-wing*. Pada multirotor sistem penggerak menggunakan 2 rotor atau lebih. Kontrol gerak dihasilkan dengan mengatur kecepatan rotor untuk mengubah torsi dan gaya dorong dari masing-masing rotor.<sup>[4]</sup>

### C. Quadrotor/Quadcopter<sup>[5]</sup>

Quadrotor memiliki 4 buah motor yang masing-masing dapat bergerak bersamaan ataupun tidak. Jika menginginkan suatu perpindahan dalam satu titik ke titik lain (satu tempat ke tempat lain) dibutuhkan diferensial kecepatan pada motor quadrotor. Karena prinsip kerja dari pergerakan quadrotor bertitik pada kecepatan motor masing-masing sisi.



Gbr. 2 Quadrotor helikopter dikontrol dengan memvariasikan . (a) *Pitch* dan *roll* sehingga torsi yang dihasilkan secara independen dengan mengontrol kecepatan relatif dari rotor pada sisi berlawanan helikopter. (b) torsi *yaw* dihasilkan dengan mengendalikan kecepatan relatif motor, yang berputar terbalik untuk menghasilkan reaksi torsi total yang berbeda-beda pada tiap motor.

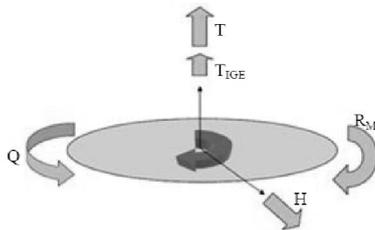
### D. Aerodinamika Pada Rotor<sup>[6]</sup>

Sama seperti helikopter konvensional, sebagian besar sifat aerodinamis dari quadcopter dipengaruhi oleh rotor, keadaan alam dan efisiensi daya. Riset di *Australian National University* menunjukkan bahwa kinerja rotor pada helikopter dapat diperoleh dari teori momentum rotor. Kinerja ini sangat penting bahwa wahana *rotary-wing* harus

mampu menghasilkan gaya dorong yang cukup mampu melawan setiap hembusan eksternal pada rangka untuk menstabilkan wahana, serta mampu membawa *payload* peralatan seperti kamera, sensor, dan kontroler. Ada lima variabel yang mempengaruhi aerodinamis pada rotor, yaitu:

- 1)  $F_{IGE}$  yaitu variasi dari koefisien *thrust* saat rotor berada dekat dengan permukaan tanah (*ground*).
- 2)  $H$  yaitu gaya horizontal yang timbul karena *propeller*.
- 3)  $R_M$  yaitu *rolling moment*, kombinasi dari kondisi ketika gabungan *lift* sepanjang radius rotor.
- 4)  $T$  yaitu *thrust* atau gaya dorong.
- 5)  $Q$  yaitu moment perpindahan atau pergeseran.

Kelima variabel tersebut dapat di lihat pada gambar berikut:



Gbr. 3 Gaya aerodinamis dan moments pada sebuah rotor<sup>[6]</sup>

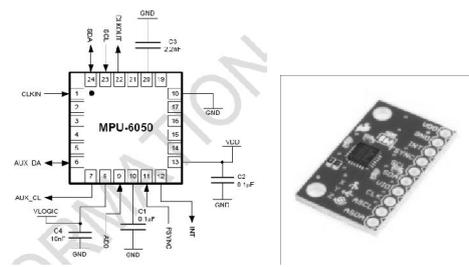
#### E. Penerima GPS Ublox Neo-6M<sup>[18]</sup>

Penerima GPS Ublox Neo-6M merupakan penerima GPS yang berdiri sendiri (*stand alone*) dengan kemampuan kinerja yang tinggi dalam memberikan informasi posisi. Penerima ini fleksibel dan biaya yang rendah dengan ukuran 16 x 12,2 x 2,4 mm. Dengan kapasitas maksimal 50 satelit dan fitur *Time To First Fix* (TTFF) dibawah satu detik. Ublox Neo-6M digunakan untuk mengakuisisi koordinat dengan kemampuan menemukan satelit dengan singkat.

#### F. Sensor Inertia Measuring Unit (IMU) MPU6050

Sensor MPU6050 adalah sensor pertama di dunia yang terintegrasi dengan 6 sumbu *MotionTracking* dengan penggabungan perangkat 3 sumbu *gyroscope*, 3 sumbu *accelerometer* dan sebuah *Digital Motion Processor* (DMP). Dengan sistem komunikasi I<sup>2</sup>C sensor bus, maka dapat langsung menerima *input* dari 3 sumbu sensor kompas

sehingga dapat menghasilkan 9 sumbu *MotionFusion*. Dengan sistem komunikasi tersebut maka komunikasi ke semua register dapat dilakukan dengan baik pada kecepatan 400KHz.



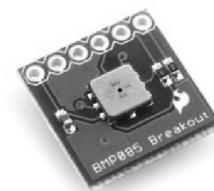
Gbr. 4 Sensor IMU MPU6050<sup>[20]</sup>

#### G. Sensor Barometer (Digital Pressure Sensor)

Sensor tekanan udara (barometer) digunakan dalam aplikasi untuk mengetahui ketinggian dari permukaan bumi. Aplikasi ini digunakan biasanya dalam pesawat, balon udara, roket dan satelit. Dalam dunia penerbangan sensor barometer digunakan pada instrumen *altimeter*, yaitu instrumen untuk mengukur ketinggian pesawat dari permukaan tanah. Untuk mengetahui ketinggian tersebut digunakanlah persamaan dibawah ini<sup>[21]</sup>:

$$h = (1 - (P/P_{ref})^{0.190284}) \times 145366.45 \text{ ft} \quad (2.1)$$

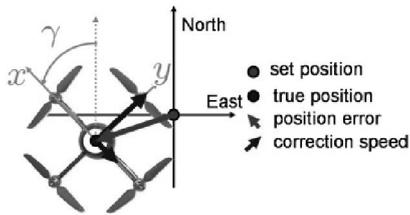
Dimana  $h$  adalah ketinggian, dimana  $P_{ref}$  adalah nilai tekanan pada saat kalibrasi, dan  $P$  adalah nilai tekanan yang terukur. Persamaan diatas digunakan pada ketinggian maksimum 36090 kaki (11000 meter), diluar jarak itu maka perhitungan akan *error* dan diganti dengan sensor yang mampu mendukung pada ketinggian tersebut dengan perhitungan yang berbeda. Sebuah sensor barometer dapat memilik akurasi 1 meter, jauh lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *altitude* pada GPS yang akurasinya mencapai 20 meter.



Gbr. 5 Sensor barometer BMP085<sup>[21]</sup>

### H. Sistem Holding Position

Sistem kendali *holding position* adalah sistem kendali untuk mempertahankan posisi koordinat quadcopter secara *autonomous* dengan memanfaatkan data valid GPS dan *accelerometer*.



Gbr. 6 Sistem *holding position* pada quadcopter

Dari gambar diatas  $x$  merupakan koordinat *longitude*,  $y$  adalah koordinat *latitude*, dan  $\gamma$  adalah sudut sempit *longitude* dari *latitude* terhadap kutub bumi. Untuk menghitung  $\gamma$  maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut<sup>[27]</sup>:

$$\gamma = \cos\left(\frac{GPS_{latitude}}{10000000} \times 0.0174532925\right) \quad (2.2)$$

$GPS_{latitude}$  merupakan data yang didapat dari NMEA, kemudian dikonversikan kedalam bentuk satuan sudut (rad). Sehingga didapatkanlah persamaan berikut untuk mengukur *error* pada *holding position*<sup>[27]</sup>:

$$error\ x = (Poshold_{longitude} - GPS_{longitude})\gamma \quad (2.3)$$

$$error\ y = (Poshold_{latitude} - GPS_{latitude}) \quad (2.4)$$

*Error* pada kedua parameter tersebut digunakan sebagai *inputan* pengendali PID. Pengendali PID digunakan sebagai kontrol (*navigasi*) quadcopter untuk mencapai koordinat *holding position*. Untuk mengetahui simpangan terjauh dalam bentuk jarak antara dua titik *latitude* dan *longitude*, maka digunakan persamaan teorema Pythagoras sebagai berikut<sup>[28]</sup>:

$$\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1 \quad (2.5)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 \quad (2.6)$$

$$\phi_m = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} \quad (2.7)$$

$$D = R\sqrt{(\Delta\phi)^2 + (\cos(\phi_m)\Delta\lambda)^2} \quad (2.8)$$

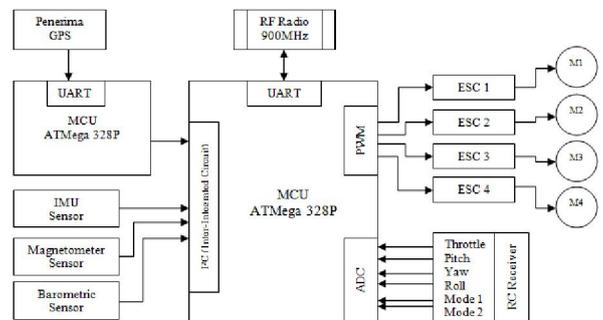
Dimana *latitude* dan *longitude* harus dikonversikan dalam bentuk radians dengan persamaan berikut<sup>[28]</sup>:

$$1^\circ = \left(\frac{\pi}{180}\right) radians \quad (2.9)$$

- $\Delta\phi$  = selisih *latitude* (rad)  
 $\Delta\lambda$  = selisih *longitude* (rad)  
 $D$  = jarak (Km)  
 $R$  = jari-jari bumi (6.371km)

### III. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam bentuk blok diagram seperti pada Gambar 6.



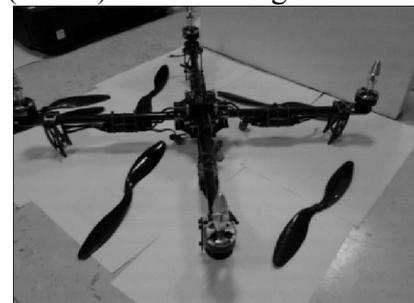
Gbr. 7 Blok Diagram Rangkaian

#### A. 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 :

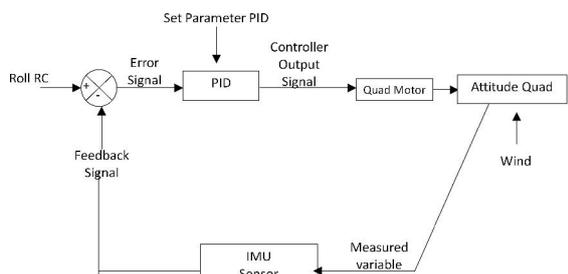
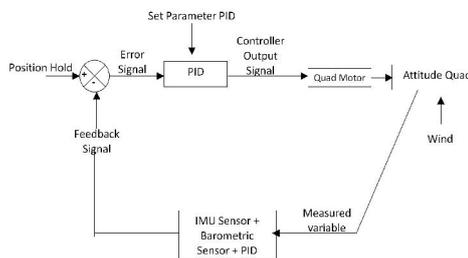
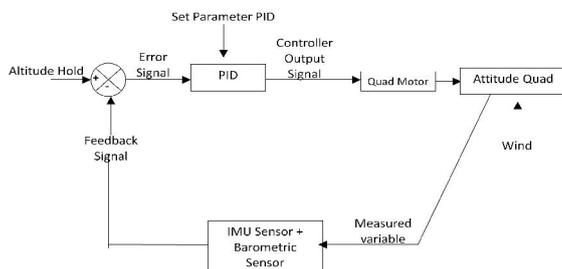
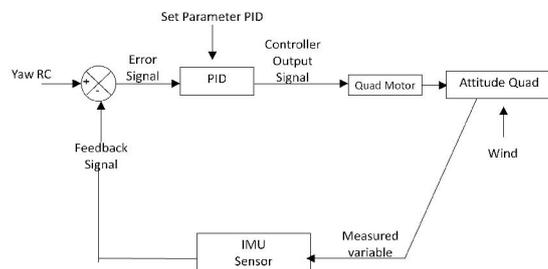
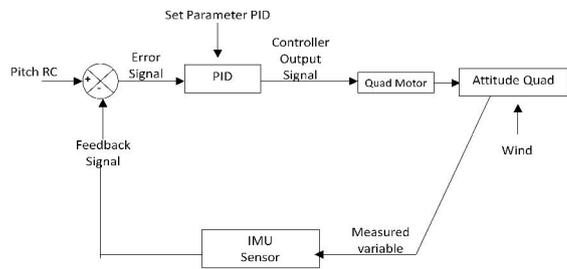
- Lebar rangka : 550 mm / 21.65 in  
 Berat rangka : 280 gram (tanpa komponen kelistrikan)  
 Material rangka : fiber karbon  
*Propellers* : 8x4.5 CW dan 8x4.5 CCW  
 Tipe Motor : *Brushless motor* 1300 rpm/V (420 w) *thrust* 1650 gram



Gbr. 8 Perancangan *quadcopter*

Dengan konfigurasi seperti ini memungkinkan quadcopter dapat terbang dengan daya angkat yang dapat dijelaskan

r  
t  
I  
v  
l  
l  
l  
f  
C  
C  
J  
M  
  
F  
F  
v  
v  
2  
M  
L -  
L -  
C  
L  
C  
L  
F  
C  
4  
  
2  
  
C  
F  
r  
C  
F  
F  
F  
  
a



Gbr. 9 Implementasi PID pada kontrol roll  
b. Implementasi PID pada kontrol Pitch

le

l

m

l

)

n  
ta  
ni  
er

secara real-time berdasarkan koordinat GPS yang didapat oleh penerima GPS, serta sensor

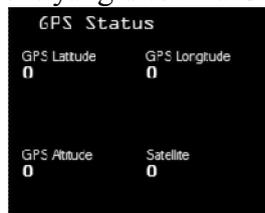
*magnetometer* untuk mengetahui posisi *heading* atau bagian depan quadcopter. Fitur ini dilengkapi tombol *scroll* untuk melihat secara *zoom in* atau *zoom out*.



Gbr. 14 Real-Time Map View pada Ground Station

#### b. GPS Status

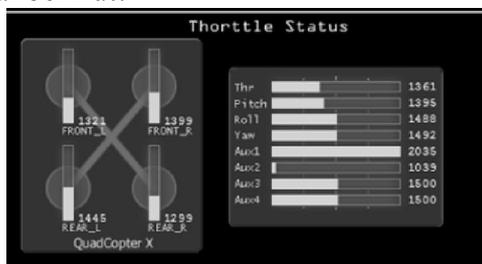
Fitur ini berfungsi untuk melihat status GPS, yaitu posisi *latitude*, *longitude*, *altitude*, dan jumlah satelit yang diterima GPS.



Gbr. 15 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:



Gbr. 16 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.



Gbr. 17 Indikator sensor pada ground station

#### e. GPS *fix* indikator

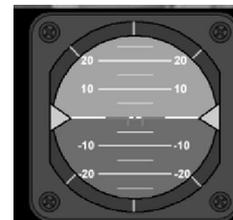
Fitur ini berfungsi untuk menyatakan bahwa GPS dalam keadaan *fix* dimana jumlah satelit yang diterima lebih dari 5 dan menunjukkan jarak quadcopter dari *home* dengan satuan meter.



Gbr. 18 GPS *fix* indicator

#### 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.



Gbr. 19 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.



Gbr. 20 Instrumen kecepatan GPS

#### h. Heading

Instrumen *heading* digunakan untuk menunjukkan kearah mata angin mana wahana terbang dengan satuan derajat dari  $0^\circ$  -  $359^\circ$ . 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.



Gbr. 21 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.



Gbr. 22 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).

Gbr. 23 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.

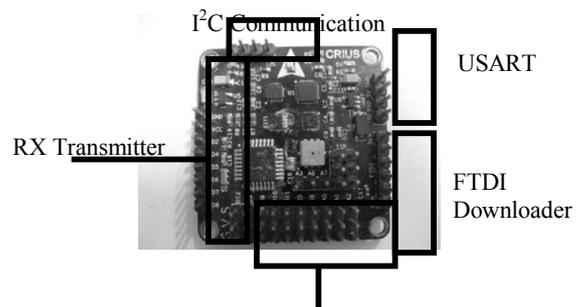


Gbr 24. Baterai indikator pada GCS

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Kontroler

Kontroler merupakan pusat proses dari sistem wahana terbang. Kontroler yang terdiri dari ATmega 328P sebagai prosesor utama ini memproses sensor dan menjadikannya output yang dapat berupa data serial maupun sinyal pwm yang digunakan untuk mengendalikan quadcopter.



Gbr. 25 Kontroler terbang Multiwii ATmega 328P

### B. Ground Control Station

*Ground Control Station* merupakan software yang dibuat dari pemrograman Microsoft Visual Studio 10 menggunakan bahasa C# (C sharp). Dengan tampilan visual grafis yang memiliki instrumen penerbangan seperti ketinggian, keadaan horizon, sudut heading (kearah mana pesawat menuju), jumlah satelit yang digunakan, peta lokasi 2 dimensi dan keadaan servo wahana.

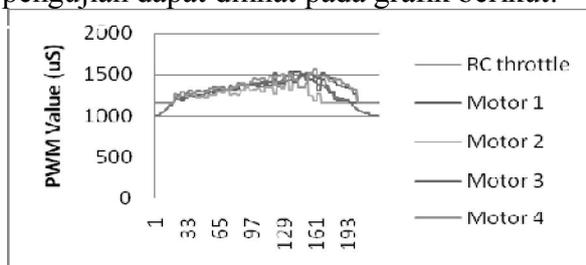


Gbr. 26 Ground Control Station

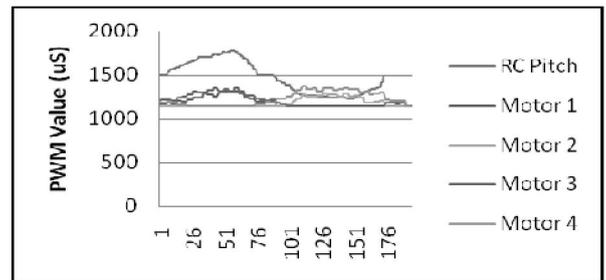
### C. Hasil Pengujian

#### 1) Pengujian Sistem Kendali Quadcopter

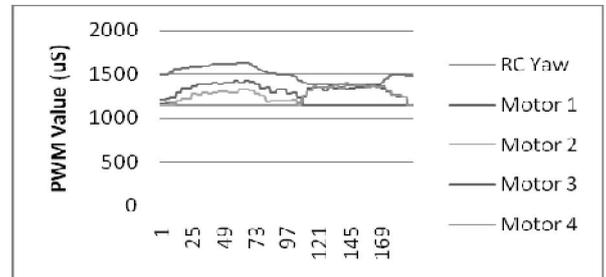
Pengujian ini bertujuan untuk melihat konfigurasi dan pemrograman kontroler apakah sesuai dengan sistem kendali quadcopter melalui *rc transmitter* tanpa sensor IMU. Skenario yang digunakan adalah dengan menempatkan quadcopter pada *landing gear*, kemudian *rc transmitter* digerakkan dengan perintah *throttle*, *pitch*, *roll*, dan *yaw*. Pada saat itu juga GCS sudah menerima respon dari keempat motor. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik berikut:



Gbr. 27 Perbandingan nilai RC Throttle dengan keempat motor



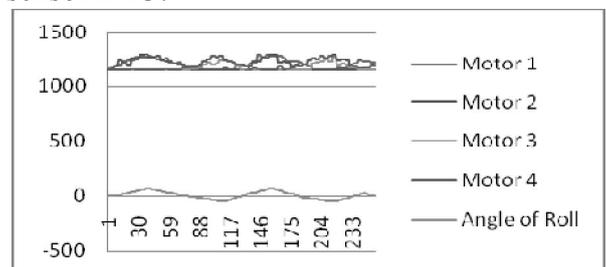
Gbr. 28 Perbandingan nilai *rc roll* dengan nilai keempat motor



Gbr. 29 Perbandingan nilai *rc yaw* dengan nilai keempat motor

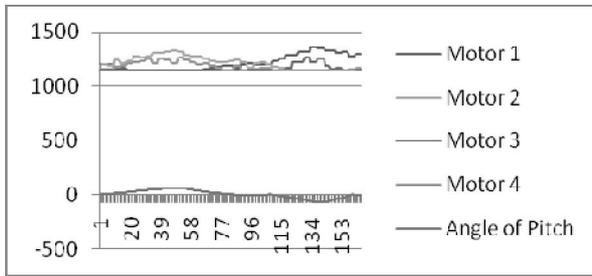
#### 2) Pengujian Sistem Keseimbangan Quadcopter

Pengujian ini bertujuan untuk melihat respon sensor dalam menjaga keseimbangan quadcopter saat *hover*. Sensor yang digunakan adalah *accelerometer* dan *gyroscope*. Skenario yang dilakukan pada pengujian ini adalah quadcopter diterbangkan hingga posisi *hover*, kemudian data respon sensor terhadap motor disimpan dalam *log Ground Station* dan disajikan dalam bentuk grafik. Berikut adalah data grafik dari kontrol *roll* menggunakan sistem keseimbangan sensor IMU:

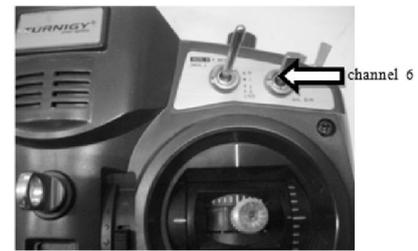


Gbr. 30 Respon motor pada kontrol *roll* menggunakan sensor IMU

Selanjutnya pengujian pada kontrol *pitch* dengan sistem keseimbangan menggunakan sensor IMU, diperoleh grafik sebagai berikut:



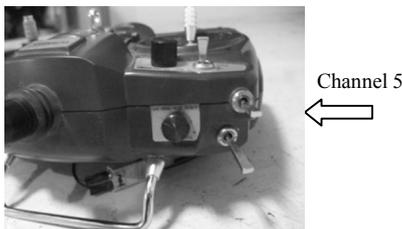
Gbr. 31 Respon motor pada kontrol *pitch* menggunakan sensor IMU



Gbr. 35 Channel 6 pada rc transmitter

3) Pengujian Sistem *Altitude Hold* Pada Quadcopter

Sistem kendali *altitude hold* adalah sistem kendali untuk mempertahankan posisi ketinggian quadcopter secara *autonomous* dengan memanfaatkan sensor barometer dan *accelerometer*. Pada penelitian ini sistem *altitude hold* diaktifkan melalui *channel 5* pada *rc transmitter*.



Gbr. 32 Channel 5 pada rc transmitter



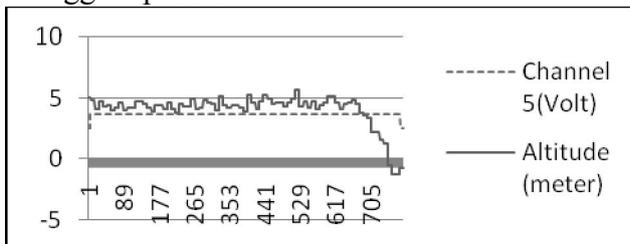
Gbr. 36 Nilai rc channel 6 dan Ground Control Station

Berikut adalah hasil pengujian lapangan untuk sistem *holding position* yang dilakukan di lapangan sepakbola UNILA dan Bukit Kemiling pada kecepatan angin yang tidak terlalu kencang. Data disajikan dalam bentuk analisa grafik, analisa menggunakan *software google*, dan video rekaman terbang.



Gbr. 33 Nilai rc channel 5 dan Ground Control Station

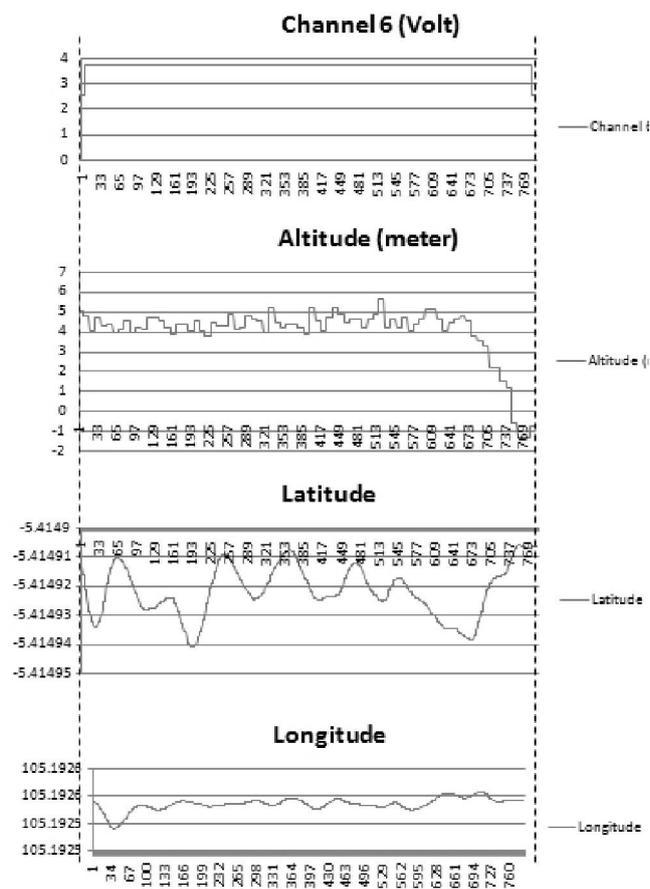
Berikut adalah grafik perbandingan antar RC *channel 5* atau *switch altitude hold* dan ketinggian pada saat *altitude hold*:



Gbr. 34 Grafik saat diaktifkan *altitude hold*

4) Pengujian Sistem *Holding Position* Pada Quadcopter

Pada penelitian ini sistem *holding position* diaktifkan melalui *channel 6* pada *rc transmitter*.



Gbr. 37 Grafik holding position

#### D. Pembahasan

##### 1) Analisa Hasil Pengujian Sistem *Altitude Hold* Pada Quadcopter

Dari Gambar 33. respon saat *altitude hold* diaktifkan diperlihatkan kan pada garis merah, dan nilai *rc transmitter* yang diaktifkan pada garis berwarna hijau. Pada grafik, hasil menunjukkan bahwa *altitude hold* pada penelitian ini telah berhasil dilakukan dengan ketinggian 5,1 meter dengan tegangan *channel 5* saat diaktifkan adalah 3, 73 Volt. *Error* ketinggian terendah saat *altitude hold* pada 5,1 meter adalah 3,84 meter, dan *error* ketinggian tertinggi adalah 5,67 meter.

$$\% \text{ error max} = \frac{(\text{nilai error max} - \text{nilai altitude hold})}{\text{nilai error max}} \times 100 \%$$

$$\% \text{ error max} = \frac{(5,67 - 5,1)}{5,67} \times 100 \%$$

$$\% \text{ error max} = 10 \%$$

Dari perhitungan didapat *error* maksimum dari *altitude hold* adalah 10%, atau sebesar 0,51 meter (51 cm).

##### 2) Analisa Hasil Pengujian Sistem *Holding Position* Pada Quadcopter

Berdasarkan gambar grafik dari pengujian *holding position*, *channel 6* diaktifkan untuk *holding position* pada tegangan 3, 73 Volt pada posisi:

1. *Altitude* = 5.1 meter
2. *Latitude* = -5.4149213
3. *Longitude* = 105.192607

Dengan menggunakan persamaan maka persentase *error* dapat disajikan dalam bentuk tabel berikut:

Tabel 4.1 Persentase *error* pada *holding position*

No	Position	Holding Position	Error Holding Position	% error
1	<i>Altitude</i>	5.1	5,67	10.05
2	<i>Latitude</i>	-5.4149213	-5.4149408	0.00036
3	<i>Longitude</i>	105.192607	105.1925611	0.0000043634

Untuk menghitung simpangan dalam satuan jarak, maka digunakan persamaan 2.41 sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Diketahui :

Selisih *latitude* dicari dengan menggunakan persamaan 2.5 dilambangkan dengan  $\Delta\phi$ , sehingga:

$$\Delta\phi = -5.4149408 - (-5.4149213) = -1.95 \times 10^{-5} = -3.4033 \times 10^{-7} \text{ radians}$$

Kemudian selisih *longitude* dicari dengan persamaan 2.6 dilambangkan dengan  $\Delta\lambda$ , sehingga:

$$\Delta\lambda = 105.1925611 - 105.192607 = -4.59 \times 10^{-5} = -8.01106 \times 10^{-7} \text{ radians}$$

Setelah selisih *latitude* dan *longitude*, selanjutnya mencari nilai *mean* dari dua titik *latitude*, dengan menggunakan persamaan 2.7, maka:

$$\phi_m = \frac{-5.4149408 + (-5.4149213)}{2} = -5.41493105 = -0.094506 \text{ radians}$$

Nilai selisih *latitude* dan *longitude* serta nilai *mean* dimasukkan dalam persamaan 2.8, sehingga menghasilkan jarak simpangan antara dua buah titik *latitude* dan *longitude* sebagai berikut:

$$D = 6371 \sqrt{(-3.4033 \times 10^{-7})^2 + ((\cos(-0.094506) - 8.01106 \times 10^{-7})^2)}$$

$$D = 6371 \times 8.703985214 \times 10^{-7}$$

$$D = 5.5453 \times 10^{-3} \text{ Km} = 5.5453 \text{ meter}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan simpangan terjauh sebesar 5.5453 meter dengan menggunakan GPS Ublox Neo 6M yang memiliki akurasi sebesar 2.5 meter.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

- 1) Sistem kendali *holding position* telah terealisasi dengan simpangan maksimum untuk *altitude* sebesar 51 cm, dan simpangan untuk *latitude* dan *longitude* sebesar 5.5453 meter.
- 2) Antarmuka penerima GPS dengan kontroler dilakukan dengan menambahkan sebuah ATmega 328P sebagai pengkonversi data NMEA menjadi I<sup>2</sup>C dikarenakan keterbatasan memori pada Multiwii ATmega 328P.
- 3) Sistem telemetri dengan frekuensi 900 Mhz pada kontroler telah terintegrasi dengan *Ground Control Station* (GCS) secara *Graphical Unit Interface* (GUI).
- 4) Data *logger* dapat disimpan di *log Ground Control Station* dalam bentuk file *txt*.
- 5) *Voltage* meter dibangun dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal pembagi tegangan dan ADC dengan range tegangan 0 – 12.6V

### B. Saran

Untuk pengembangan sistem lebih lanjut, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut:

- 1) Perlu adanya penambahan fitur *waypoint* pada quadcopter agar dapat terbang secara *full autonomous*.
- 2) Untuk meningkatkan kestabilan dan resiko salah satu motor pada quadcopter mengalami kegagalan operasi, maka perlu dibangun sistem heksacopter atau octocopter.
- 3) Penggunaan RF dengan daya yang lebih besar pada RC *Transmitter* dan sistem telemetri sehingga jangkauan pengiriman data lebih luas.
- 4) Penambahan fitur *failsafe* untuk mengantisipasi kegagalan sistem *holding position* yang disebabkan oleh beberapa faktor yang tak diduga seperti faktor angin, baterai, koneksi kontroler dan terputusnya komunikasi dengan remot karena jarak yang terlalu jauh, ataupun karena tempat terbang yang tidak *land offset*.

- 5) Penambahan *plug in Google Earth* sehingga *realtime map* dapat disajikan dalam bentuk 3 dimensi.

## REFERENSI

- [1] Unmanned Air Vehicle. <http://www.tc.gc.ca/civilaviation/general/recavi/Brochures/uav.htm>. 15 Desember 2012.
- [2] Robo aero Indonesia. <http://www.roboeroindonesia.com/>. 16 Desember 2012
- [3] D Putro Iman. 2007. Rancang Bangun Sistem Telemetri Pada Wahana Udara Tak Berawak. Universitas Lampung.
- [4] S Purnomo Didik, R Arini Nu, dan Septiawan Bachtiar. 2011. *Navigation and Control System of Quadrotor Helicopter*. Electronics Engineering Polytechnic Institute of Surabaya (EEPIS). Surabaya.
- [5] Hoffman, G.M. and Waslander, S.L. 2008. *Quadrotor Helicopter Trajectory Tracking Control*. AIAAGuidance, Navigation and Control Conference and Exhibit. 18-21 2008 Augustus. Honolulu. Hawaii. AIAA 2008-7410.
- [6] Naidoo Yogianandh, Stopforth Riaan, Bright Gleen. 2011. *Rotor Aerodynamic of a Quadrotor for Thrust Critical Applications*. ROBMECH 2011. South Africa.
- [7] Norman F Smith Bernoulli, Newton and Dynamic Lift Part I School Science and Mathematics Vol 73 Issue 3
- [8] Batchelor, G.K. (1967), An Introduction to Fluid Dynamics, Cambridge University Press, pp. 14–15, ISBN 0-521-66396-2
- [9] Anderson, John D. (2004), Introduction to Flight (5th ed.), McGraw-Hill, pp. 257–261, ISBN 0-07-282569-3
- [10] Yoon, Joe (2003-12-28), Mach Number & Similarity Parameters, Aerospaceweb.org, retrieved 2009-02-11
- [11] MartinHepperle, 1996-2006. [www.mh-aerotoools.de](http://www.mh-aerotoools.de). Deutschland
- [12] Rademacher Wayne. 2009. *Electric Flight "The Power System Basics"*. Minneapolis-St.
- [13] Garmin. 2000. *GPS Guide for Beginner*. Garmin Corporation.
- [14] Introduction to the Global Positioning System for GIS and TRAVERSE. <http://www.cmtinc.com/gpsbook/index.htm>. 15 Desember 2012.
- [15] Marie Zogg, Jean. 2002. *GPS Basics*. u-blox ag.
- [16] McNamara, Joel. 2004. *GPS for Dummies*. Wiley Publishing Inc. Indianapolis, Indiana.

- [17] Rod, Captain, Stebbins, Susie. *The Global Positioning System* (GPS). [http://www.fishing-catalog.com/CaptRod/gps\\_tutorial.htm](http://www.fishing-catalog.com/CaptRod/gps_tutorial.htm). 12 Februari 2007.
- [18] Neo-6 M GPS *Module Datasheet*
- [19] Ulya Darajat Anisa. 2012. *Sistem Telemetry Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Berbasis Inertial Measurement Unit (IMU) Dengan Menggunakan Kalman Filter*. Universitas Lampung.
- [20] MPU6050 *Product Manual*.2012
- [21] BMP085 *Product Manual*.2012
- [22] HMC5883L *Product Manual*.2012
- [23] ATmega 328p ATMEL *Product Manual*.2012
- [24] Matousek Thomas. 2000. *Inter Integrated Circuit Bus by Philips Semiconductor*.
- [25] AN10216-01 I<sup>2</sup>C MANUAL. 2003. Philips Semiconductor.
- [26] Ogata Katsuhiko.1997. *Modern Control Engineering Third Edition*. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey.
- [27] *Multiwii Manual Site*  
<http://multiwii-gps-work.googlecode.com>  
diakses pada Juli 2012
- [28] Ivis, Frank. 2006. "Calculating Geographic Distance: Concepts and Methods"
- [29] Istiqphara Swadexy. 2012. Rancang Bangun Sistem Manual Pilot Menggunakan *Joystick Logitech* Dan Sistem *Autopilot* Pada Wahana Udara Tak Berawak. Universitas Lampung.
- [30] Modul 9XTend™ OEM RF *Product Manual*.2012