

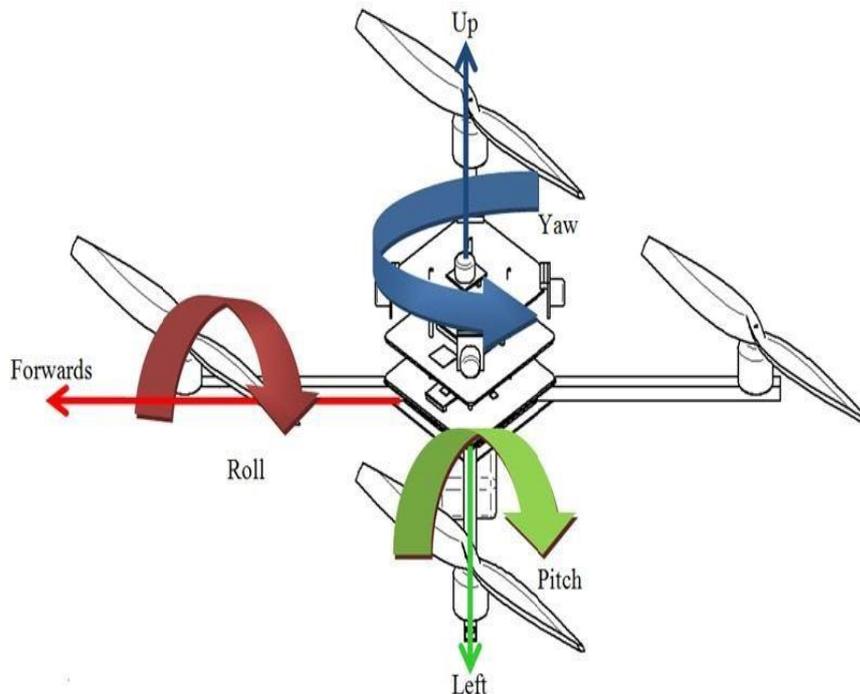
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Quadcopter*

Menurut (Syahrizal Rangu, 2014 : 5), *Quadcopter* adalah salah satu jenis pesawat tanpa awak yang memiliki 4 buah motor sebagai penggerak *propeller* yang menghasilkan gaya angkat. Gaya angkat pada 4 buah motor *brushless* inilah yang membuat *quadcopter* dapat terbang. Dengan mengubah besaran kecepatan putaran keempat buah motor maka *quadcopter* dapat bergerak atas, bawah, maju, mundur, kiri, kanan, dan rotasi. Pergerakan di atas tersebut lebih dikenal dengan istilah *pitch* (bergerak maju atau mundur), *roll* (bergerak kiri atau kanan), dan *yaw* (rotasi kiri atau rotasi kanan).

Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1** *Pitch Roll Yaw Pada Quadcopter.*

Penjelasan gerakan dasar yang dimiliki oleh *quadcopter*, gerakan tersebut yaitu sebagai berikut:

a. *Throttle* atau *height*

Gerakan ini dapat dilakukan dengan menaikkan atau menurunkan kecepatan semua *propeller* dalam jumlah yang sama, sehingga *quadcopter* dapat bergerak naik atau turun.

b. *Roll*

Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi kecepatan salah satu *propeller* yang kiri atau yang kanan.

c. *Pitch*

Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi kecepatan salah satu *propeller*, yang depan atau yang belakang.

d. *Yaw*

Gerak ini dapat dilakukan dengan menambah atau mengurangi *propeller* depan belakang dan kanan kiri secara bersama.

## 2.2 Tinjauan Perangkat Keras *Quadcopter*

Untuk membuat *quadcopter* dapat terbang sedemikian rupa, digunakan beberapa komponen. Menurut Eduy Prawira (2014 : 6), *Quadcopter* terdiri dari beberapa komponen yaitu :

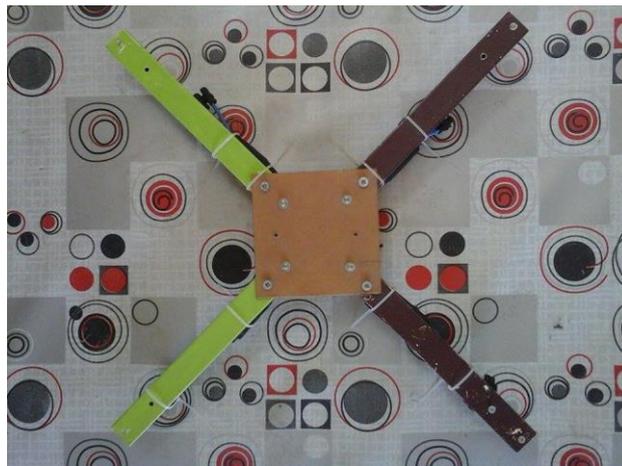
### 2.2.1 *Frame*

*Frame quadcopter* yang akan dirancang yang berukuran diameter 460 mm. *Frame* ini terbuat dari bahan plat aluminium yang tidak terlalu berat dan lebih kuat. Pada bagian tengah menggunakan akrilik sebagai luas bidang 100 cm sebagai tempat peletakkan *ESC*, *EDB*, *flight control* dan *battery*.

*Frame* ini memiliki 4 lengan untuk menempatkan motor pada masing-masing ujung lengan. Selain itu *frame* ini memiliki tiang penyangga dilengkapi *sterefoam* kecil pada bagian bawah masing-masing pada lengan agar perangkat lain tidak kontak langsung ke landasan pada saat *landing*.

**Tabel 2.1** Spesifikasi *frame*

Parameter	Nilai
<i>Frame weight</i>	300 g
Diagonal	460 mm
<i>Landing Weigh</i>	150 g

**Gambar 2.2** *Frame Quadcopter.*

### 2.2.2 *Flight Controller*

*Flight controller* adalah suatu pengendali terbang dalam *quadcopter* yang berfungsi untuk melakukan pengolahan data yang didapat dari berbagai jenis sensor pada *quadcopter* lalu melakukan perhitungan yang selanjutnya akan mengeksekusi dengan menghasilkan *output* berupa pengendalian pada masing-masing motor pada *quadcopter*. *Flight controller* yang digunakan pada *quadcopter* ini berjenis *Ardupilot Mega* (APM) versi 2.8.

APM adalah salah satu jenis *fligh control* dengan aplikasi mission planner bersifat *open source*. Pada APM ini terdapat beberapa sensor baik terpasang internal maupun eksternal.

**Tabel 2.2** Spesifikasi APM

Parameter	Keadaan
Barometer dan Giroskop	Internal
Accelerometer	Internal
Compass	Internal/Eksternal
GPS	Eksternal
USB	Mikro USB

**Gambar 2.3** APM 2.8 (*Ardupilot Mega*)

### 2.2.3 *Electronic Speed Control*

ESC yang digunakan adalah berjenis *brushless*, terdiri atas susunan *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET) untuk mengendalikan kecepatan motor *brushless*. ESC bekerja secara cepat untuk menghidupkan atau mematikan pulsa ke motor, sehingga respon kendali motor cepat. Selain itu ESC yang digunakan telah berbasis mikroprosesor, sehingga dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Keempat ESC yang digunakan tergabung dalam satu fisik, atau dapat disebut sebagai Quattro ESC, sehingga tidak memerlukan konfigurasi *wiring* (aliran) yang banyak. (Ghani Akbar Habibi, 2013).

**Tabel 2.3** Spesifikasi ESC

Parameter	Nilai
Arus konstan (A)	30
Arus lebih(>10 s) (A)	40
Keluaran BEC	5.5V/3A
Massa(gr)	32
Ukuran (PxLxT)	54x26x11 (Quattro)

ESC memberikan catuan pada motor sesuai dengan sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) yang masuk pada *input* ESC. Selain itu ESC ini juga memiliki fasilitas *Battery Eliminator Circuit* (BEC) yang memiliki keluaran tegangan kecil untuk mencatu *flight controller* serta sensor yang lain. Berikut ini merupakan fitur yang dimiliki ESC MOSFET ini :

1. *Brake*, berfungsi untuk menghentikan motor secara spontan.
2. *Soft start*, berfungsi sebagai pengatur lama waktu menyalakan sistem.
3. *Battery type*, pemilihan baterai yang digunakan.
4. *Microprocessor*, berfungsi untuk mengatur fitur agar dapat diprogram.
5. *Cut Off*, berfungsi sebagai pemotong arus jika baterai akan habis.

**Gambar 2.4** Elektronik Speed Control 30A

### 2.2.4 Motor DC *Brushless*

Quadcopter membutuhkan penggerak berupa baling-baling yang diputar oleh motor. Spesifikasi yang harus dipenuhi oleh sistem gerak ini adalah torsi, efisiensi dan getaran yang ditimbulkan oleh berputarnya motor dan baling-baling. Motor dengan getaran yang terlalu besar dapat mengganggu sensor-sensor yang digunakan pada AHRS. Efisiensi motor berkaitan dengan durabilitas terbang dari pesawat, mengingat sumber daya (battery) yang digunakan terbatas.

Motor *brushless direct current* (BLDC) adalah motor yang tidak menggunakan sikat atau *brush* untuk pergantian medan magnet (komutasi) tetapi dilakukan secara komutasi elektronik.

Menurut Andry Yulistiyanto (2013 : 41), Motor DC *Brushless* mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan motor DC lainnya yaitu:

1. Kecepatan yang lebih baik untuk melawan karakteristik tenaga putaran.
2. Tanggapan dinamis tinggi.
3. Efisiensi tinggi.
4. Tahan lama atau usia pakai lebih lama.
5. Nyaris tanpa suara bila dioperasikan.
6. *Speed range* yang lebih luas.

**Tabel 2.4** Karakteristik Motor DC *Brushless* 1000KV

Parameter	Nilai
KV (rpm/v)	1000
<i>Weight</i> (g)	52.7 / 1.86
<i>Max Current</i> (A)	13A for 60S
<i>Resistance</i> (ohm)	0.090
<i>Max Voltage</i> (V)	10
<i>Power</i> (W)	150
Size	28 mm x 28 mm

Perbandingan tenaga putaran lebih besar dibanding dengan ukuran motor, dengan ukuran motor yang relatif kecil dapat menghasilkan torsi yang cukup besar. Jadi ini sangat bermanfaat bila akan digunakan pada aplikasi yang sangat kritis terhadap beban dan tempat pemasangan. Menggunakan motor yang bertegangan (rpm/volt) rendah (dibawah 1000KV), ini akan mempengaruhi agresifitas *quadcopter* dan efisiensi.

Perkiraan beban yang akan di angkat motor, ini akan menentukan pemilihan daya motor. Setiap motor punya daya dorong (*trust*). Misalnya :

Motor dengan *trust* 500gr x 4 = 2000gr

Maka berat maksimal *quadcopter*  $\frac{3}{4}$  x 2000gr = 1500gr



**Gambar 2.5** Motor DC *Brushless*

### 2.2.5 Baling-baling (*Propeller*)

Baling-baling (*propeller*) adalah alat untuk menjalankan pesawat terbang. Baling-baling ini memindahkan tenaga dengan mengkonversi gerakan rotasi menjadi daya dorong untuk menggerakkan sebuah kendaraan seperti pesawat terbang, untuk melalui suatu massa seperti udara, dengan memutar dua atau lebih bilah kembar dari sebuah poros utama. Sebuah *propeler* berperan sebagai sayap berputar, dan memproduksi gaya yang mengaplikasikan prinsip Bernoulli dan hukum gerak Newton, menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang.

Ada beberapa parameter penting yang dimiliki *propeller* pada *RC aeromodelling*. Parameter-parameter ini bisa dijadikan pedoman untuk memilih baling-baling sesuai kebutuhan:

1. Diameter dan *pitch*

Semua baling-baling RC yang tersedia memiliki 2 buah ukuran, yaitu diameter dan *pitch*. Diameter dihitung berdasarkan diameter lingkaran yang dibentuk saat baling-baling berputar. Sedangkan *pitch* merupakan jarak yang ditempuh oleh baling-baling jika diputar 1 putaran penuh. Semakin panjang diameter dan *pitch* baling-baling semakin banyak pula udara yang disapu dan semakin besar pula daya dorong yang dihasilkan. Satuan dari diameter dan *pitch* dari baling-baling adalah inch. Baling-baling dengan ukuran 10x4.5 memiliki diameter 10 inch dan *pitch* 4.5 inch

2. Jumlah bilah

Umumnya jumlah bilah pada baling-baling RC *aeromodelling* adalah 2 bilah. Tetapi ada yang menggunakan 3 bilah dan 4 bilah. Semakin banyak bilah pada baling-baling menyebabkan semakin banyak udara yang disapu sehingga menghasilkan daya dorong yang lebih besar. Semakin banyak bilah juga menuntut motor dengan torsi yang lebih besar.

3. Arah putar

Dengan arah gaya dorong yang sama, baling-baling RC *aeromodelling* memiliki dua jenis arah putaran; searah jarum jam (*CW, clockwise*) dan berkebalikan arah jarum jam (*CCW, counterclockwise*). Arah putar ini menentukan *yawingmoment* yang dihasilkan dari baling-baling. Pada *quadcopter*, dibutuhkan sepasang baling baling *CW* dan *CCW* agar *yawing moment* dapat saling menghilangkan.



**Gambar 2.6** Baling-baling (*Ploper*) 10 x 4,5 inch.

### 2.2.6 Sensor Kamera

Penggunaan kamera (digital) dalam dunia robotik dikenal sebagai *robotics vision*. Seperti halnya mata pada manusia, kamera dapat didesain sebagai mata pada robot. Dengan mata, robot dapat lebih leluasa “melihat” lingkungannya sebagaimana manusia.

Teknologi optik pada dasarnya masih tetap menggunakan teknik yang telah berkembang sejak lebih dari 100 tahun yang lalu, yaitu penggunaan konfigurasi lensa cembung dan cekung. Kemampuan kamera digital biasanya diukur dari resolusi tangkapan gambarnya dalam pixel/inch atau pixel/cm. Semakin besar resolusinya maka semakin akurat hasil tangkapan gambarnya. (Endra Pitowarno, 2006).

Ada dua metode penggunaan kamera pada Quadcopter :

1. Metode *real time*

Metode ini memungkinkan kamera memantau keadaan secara terus menerus dengan cara melakukan proses perekaman selama Quadcopter terbang.

2. Metode FPV

Metode ini lebih baik dari metode sebelumnya, dimana kita dapat melihat langsung hasil yang didapatkan dengan memanfaatkan monitor. Metode ini menggunakan alat pemancar video.



**Gambar 2.7** Kamera

### **2.2.7 Baterai Lithium Polimer (Li-Po)**

Baterai Li-Po tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai Li-Po dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai Li-Po, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah ini maka risiko keamanan pada baterai jenis lithium akan sangat berkurang.

*Rating* baterai Li-Po

#### 1. Tegangan (*Voltage*)

Pada baterai jenis NiCad atau NiMH tiap sel memiliki 1,2 volt sedangkan pada baterai Li-Po memiliki *rating* 3,7 volt per sel. Keuntungannya adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit.

Pada setiap paket baterai Li-Po selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan “S”. Disini “S” berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada didepan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S (meskipun kadang ada yang mencapai 10S). Berikut adalah beberapa contoh notasi baterai Li-Po.

- a. 3.7 volt *battery* = 1 cell x 3.7 volts
- b. 7.4 volt *battery* = 2 cells x 3.7 volts (2S)
- c. 11.1 volt *battery* = 3 cells x 3.7 volts (3S)
- d. 14.8 volt *battery* = 4 cells x 3.7 volts (4S)
- e. 18.5 volt *battery* = 5 cells x 3.7 volts (5S)
- f. 22.2 volt *battery* = 6 cells x 3.7 volts (6S)

## 2. Kapasitas (*Capacity*)

Kapasitas baterai menunjukkan seberapa banyak energi yang dapat disimpan oleh sebuah baterai dan diindikasikan dalam *miliampere hours* (mAh). Notasi ini adalah cara lain untuk mengatakan seberapa banyak beban yang dapat diberikan kepada sebuah baterai selama 1 jam, dimana setelah 1 jam baterai akan benar-benar habis.

## 3. *Discharge Rate*

*Discharge rate* biasa disimbolkan dengan “C” merupakan notasi yang menyatakan seberapa cepat sebuah baterai untuk dapat dikosongkan (*discharge*) secara aman. Sesuai dengan penjelasan diatas bahwa energi listrik pada baterai Li-Po berasal dari pertukaran ion dari anoda ke katoda. Semakin cepat pertukaran ion yang dapat terjadi maka berarti semakin nilai dari “C”.



**Gambar 2.8** Li-Po Battery 2,2 Ampere.

(<http://www.hobbyking.com/mobile/viewproduct.asp?idproduct=45468>)

### 2.2.8 Remote Control

*Quadcopter* dilengkapi dengan *remote control* agar *quadcopter* juga dapat dikontrol secara manual oleh pilot. Ada 2 bagian dari *remote control* yang digunakan, yaitu *remote control* sendiri dan *receiver*-nya yang dipasangkan pada Mikrokontroler *quadcopter*.

Modul *receiver* ini digunakan untuk menerima sinyal yang dikirimkan dari *remote*, keluaran dari modul *receiver* ini berupa sinyal 50Hz dengan lebar pulsa minimal adalah 1ms dan lebar pulsa maksimal adalah 2ms. Besar sinyal ini yang nantinya diterjemahkan oleh mikrokontroler yang kemudian sebagai acuan suatu gerakan pada *quadcopter*. *Remote control* yang dipakai mempunyai 5 *channel* yang digunakan yaitu *throttle*, *roll*, *pitch*, *yaw* dan *auto* (untuk *switch pilot mode* atau *auto mode*), keluaran dari *receiver* yang digunakan adalah 5 *channel*, ke-lima *channel* tersebut dihubungkan ke mikrokontroler melalui *pin external interrupt (any chance mode)* kemudian sinyal *high* yang diterima dihitung menggunakan *timer*. *Remote control* yang dipakai ini merupakan jenis *remote control* yang memanfaatkan frekuensi radio yaitu sebesar 2.4 GHz.



**Gambar 2.9** Remote Control

(<https://www.hobbyking.com/mobile/viewproduct.asp?idproduct=43854>)

### 2.3 Attitude Heading Reference System (AHRS)

Informasi orientasi pesawat sangat penting untuk diketahui oleh sistem pengendali utama *quadcopter*. Informasi ini akan menjadi sumber masukan bagi pengendali utama untuk mengendalikan kecepatan motor demi mempertahankan sudut orientasi yang telah ditentukan.

Untuk mengetahui sebuah orientasi pesawat dalam ruang, *Quadcopter* membutuhkan sebuah piranti elektronik yang disebut *Attitude Heading Reference System* (AHRS). AHRS merupakan integrasi dari beberapa sensor dan menggunakan perhitungan tertentu untuk memadukan data dari sensor-sensor tersebut.

#### 2.3.1 Akselerometer

Akselerometer adalah sensor yang digunakan untuk mengukur percepatan atau perubahan kecepatan terhadap waktu. Sensor ini dipasang bersama benda yang akan diukur akselerasinya, seperti mengukur perubahan kecepatan roket yang meluncur atau digunakan untuk analisis getaran (*vibration analysis*) pada mesin, serta digunakan untuk mendeteksi gerak dan kemiringan

Pada aplikasinya dalam AHRS, akselerometer digunakan sebagai sensor pendeteksi arah percepatan gravitasi yang nantinya akan diolah

menjadi sudut kemiringan pesawat terhadap bidang horisontal permukaan bumi. (*Muhammad Ardiansyah, 2014 : 13*)

Sensor akselerometer elektronik adalah sensor akselerometer yang hasil pengukuran akselerasinya dinyatakan dalam tegangan atau data digital. Seperti dijelaskan sebelumnya, bahwa akselerometer dapat dibangun dengan massa yang dikaitkan dengan pegas, akselerometer elektronik memiliki prinsip yang sama dalam mengukur percepatan.

Ada dua jenis percepatan yang dapat dideteksi oleh akselerometer, yaitu percepatan statis dan percepatan dinamis. Percepatan dinamis adalah percepatan yang dialami oleh benda bergerak, sedangkan percepatan statis adalah percepatan yang dialami oleh benda diam.

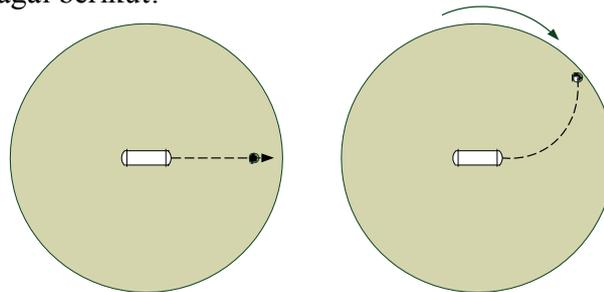
Setiap benda dalam medan gravitasi bumi mendapatkan gaya tarik ke pusat bumi atau disebut gaya berat. Sebagai contoh, meskipun batu pada permukaan tanah kelihatan diam, tetapi ada percepatan statis yang bekerja pada batu tersebut karena pengaruh gaya tarik bumi. (*Muhammad Ardiansyah, 2014 : 16*)

### **2.3.2 Giroskop Elektronik**

Sensor giroskop adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Giroskop sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya. Sensor ini sering digunakan pada sistem navigasi pesawat untuk menentukan arah hadap. Sensor gyro dapat mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna dari segala arah.

Ada banyak metode untuk mendeteksi kecepatan sudut, antara lain *vibrating ring gyroscope*, *tuning fork gyroscope*, *macro laser ring gyroscope* dan *piezo electric plate gyroscope*. Metode yang paling banyak digunakan dan diproduksi sampai sekarang adalah giroskop garpu tala Draper (*Draper tuning fork*).

Giroskop garpu tala dibuat dengan memanfaatkan resonansi dari dua buah resonator yang bergetar yang disebabkan oleh efek Coriolis. Efek Coriolis adalah defleksi yang timbul pada kerangka acuan rotasi yang besarnya berbanding lurus dengan kecepatan rotasi. Fenomena ini dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 2.10** Meriam pada piring besar yang berputar

Misal ada sebuah meriam pada pusat sebuah piring besar yang dapat berputar seperti pada Gambar 2.10. Saat piring besar tersebut tidak berputar dan peluru ditembakkan dari pusat piring, pada umumnya peluru tersebut bergerak lurus dari pusat piring. Tetapi ketika piring besar tersebut berputar dan meriam menembakkan sebuah peluru, maka peluru tersebut tidak memiliki lintasan lurus (seperti saat piring besar tidak berputar) tetapi berbelok. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh rotasi piring terhadap gerak dari peluru. Semakin cepat piring berputar, semakin besar pula pembelokan peluru yang terjadi. Fenomena inilah yang disebut dengan efek Coriolis. (*Muhammad Ardiansyah, 2014 : 18 -19*)

### 2.3.3. GPS dan *Compass* Elektronik

GPS adalah suatu jaringan satelit yang mengizinkan pengguna untuk menentukan garis lintang, garis bujur dan ketinggian di atas permukaan. Satelit memancarkan isyarat dengan panjang atau pendeknya suatu gelombang, kemudian membandingkannya dengan radar. Sinyal diatur dengan waktu dan kode identifikasi. (Stan Gibilisco : 288).

Penerima GPS terdiri dari komputer yang mengkalkulasikan jarak baris penglihatan dengan 4 satelit yang berbeda secara bersamaan. Dengan

membandingkan kode waktu dari sinyal yang datang dari tiap satelit. Komputer ini dapat menyediakan penempatan data yang akurat dalam beberapa meter dari jarak pengguna sebenarnya, berdasarkan dari empat jarak.

Dalam navigasi *mobile* robot, penentu arah hadap adalah mutlak diperlukan. Sebelum kompas elektronik menjadi populer dan bisa dibuat dalam bentuk kompak berteknologi *hybrid*, arah hadap robot biasanya diperoleh melalui perhitungan kinematik berdasarkan gerakan. (Endra Pitowarno, 2006 : 64).

Kedua control posisi GPS dan *compass* dipadukan dalam sebuah modul elektronik agar mendapat control posisi yang maksimal dengan kapasitas maksimal.



**Gambar 2.11** Gambar GPS dan *Compass* Elektronik

#### **2.4. Tinjauan Perangkat Lunak (*Software*)**

Selain menggunakan perangkat keras (*hardware*) yang telah disebutkan diatas, *quadcopter* juga didukung dengan beberapa perangkat lunak (*software*) yang berfungsi dalam pemrograman *flight controller*, kalibrasi dan pengukuran sensor.

Perangkat Lunak (*software*) yang digunakan untuk memprogram dan pengaturan *fligh control* berupa APM, digunakan perangkat lunak *mission planner*.



Gambar 2.11 Tampilan Awal *Mission Planer*