

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drone Quadcopter

Drone merupakan pesawat tanpa pilot yang mana pada sistem kendalinya dapat dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang terdapat di dataran atau di kendaraan lainnya. Awalnya UAV merupakan pesawat yang dikendalikan jarak jauh, namun sistem otomatis kini mulai banyak diterapkan.

Perkembangan teknologi membuat drone juga mulai banyak diterapkan untuk kebutuhan sipil, terutama di bidang bisnis, industri dan logistik. Amazon memulai persaingan industri ini melalui peluncuran layanan *Amazon Prime Air*. Pengangkutan barang menjadi lebih cepat, lebih praktis, minim *human error*, dan mampu menjangkau lokasi terpencil. (sumber : <http://emirul.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/46041/DRONE.pdf>)

Hingga saat ini di dunia industri bisnis, drone telah diterapkan dalam berbagai layanan seperti:

- Pengawasan Infrastruktur Fisik (pabrik, pelabuhan, jaringan listrik, dsb.)
- Pengiriman Paket Barang
- Pemadam Kebakaran Hutan
- Eksplorasi Lokasi Tambang, Minyak/Mineral



Gambar 2.1 drone qoadcopter

(sumber : <http://zoniaelektro.net/komponen-dan-prinsip-kerja-quadcopter/>)

2.2 Global Positioning System (GPS)

Global Positioning System (GPS) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Sistem ini dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus dalam segala cuaca, serta didesain untuk memberikan informasi posisi, kecepatan dan waktu tiga dimensi yang teliti, secara kontinyu ke seluruh dunia.

(sumber : <http://www.rider-system.net/2012/03/gps-global-positioning-system.html>)



Gambar 2.2 GPS modul quadcopter

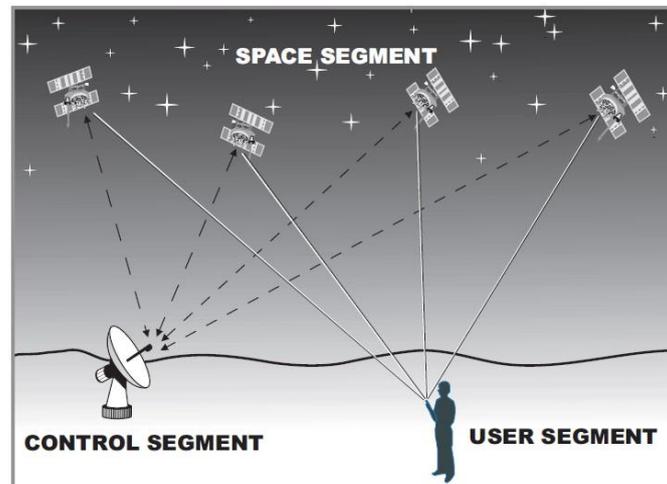
(Sumber : www.aliexpress.com)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem navigasi yang berbasis satelit yang saling terhubung yang berada di orbitnya. Satelit-satelit itu milik Departemen Pertahanan (*Departemen of Defense*) Amerika Serikat yang pertama kali diperkenalkan mulai tahun 1978 dan pada tahun 1994 sudah memakai 24 satelit. Untuk dapat mengetahui posisi seseorang maka diperlukan alat yang diberi nama GPS *reciever* yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit GPS. Posisi tersebut diubah menjadi titik yang dikenal dengan nama *Way-point* nantinya akan berupa titik-titik koordinat lintang dan bujur dari posisi seseorang atau suatu lokasi kemudian di layar pada peta elektronik.

Setiap satelit mampu mengelilingi bumi hanya dalam waktu 12 jam. Sangat cepat, sehingga mereka selalu bisa menjangkau dimana pun posisi Anda di atas permukaan bumi. GPS *reciever* sendiri berisi beberapa *integrated circuit* (IC) sehingga murah dan teknologinya mudah untuk di gunakan oleh semua orang. GPS dapat digunakan untuk berbagai kepentingan, misalnya mobil, kapal, pesawat terbang, pertanian atau dalam hal ini pada *drone quadcopter* dan di integrasikan dengan komputer maupun laptop. (Jurnal Andi Sunyoto, STMIK AMIKOM Jogjakarta, 2013:1)

2.2.1 Segmen Penyusun GPS

GPS terdiri dari 3 bagian, yaitu :



Gambar 2.3 Segmen Penyusun GPS

(sumber : <http://www.rider-system.net/2012/03/gps-global-positioning-system.html>)

1. Segmen angkasa (*space segment*)

Terdiri dari satelit-satelit GPS. Yaitu sebagai stasiun radio di ruang angkasa, yang dilengkapi dengan sinyal-sinyal gelombang. Sinyal ini selanjutnya diterima oleh *receiver* GPS di dekat permukaan bumi, dan digunakan untuk menentukan informasi posisi, kecepatan maupun waktu.

2. Segmen sistem kontrol (*control system segment*)

Terdiri dari stasiun-stasiun pemonitor dan pengontrol satelit. Yaitu berfungsi mengontrol dan memantau operasional satelit serta memastikan bahwa satelit berfungsi sebagaimana mestinya;

- Menjaga agar semua satelit berada pada posisi orbit yang seharusnya (*station keeping*).
- Memantau status dan kondisi dari semua sub sistem (bagian) satelit.
- Memantau panel matahari satelit, level daya baterai dan propellant level yang digunakan untuk manuver satelit.
- Menentukan dan menjaga waktu sistem GPS.

3. User segment

Terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal serta data GPS : yaitu alat penerima sinyal GPS (*GPS receiver*) yang diperlukan untuk memproses sinyal-sinyal dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, maupun waktu.

Berdasarkan jenis data yang direkam atau diberikan, *receiver* GPS dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- *Receiver* kode-C/A (contohnya: *receiver* tipe navigasi dan tipe pemetaan).
- *Receiver* kode-C/A + fase-L1 (contohnya: *receiver* tipe geodetik satu frekuensi)
- *Receiver* kode-C/A + fase-L1+fase L2 (contohnya: *receiver* tipe geodetik dua frekuensi yang menggunakan teknik signal *squaring*)

(sumber : <http://www.rider-system.net/2012/03/gps-global-positioning-system.html>)

2.2.2 Prinsip Kerja *Global Positioning System* (GPS)

GPS merupakan sistem satelit navigasi global untuk penentuan lokasi, kecepatan, arah, dan waktu yang telah beroperasi secara penuh di dunia saat ini (*undergraduate thesis* Wildan Habibi, ITS, Surabaya Januari : 2011). GPS menggunakan konstelasi 27 buah satelit yang mengorbit bumi, dimana sebuah *GPS receiver* menerima informasi dari tiga atau lebih satelit tersebut seperti terlihat dalam Gambar 2.4 untuk menentukan posisi. *GPS receiver* harus berada dalam *line-of sight* (LoS) terhadap ketiga satelit tersebut untuk menentukan posisi, sehingga GPS hanya ideal untuk digunakan dalam *outdoor positioning*.

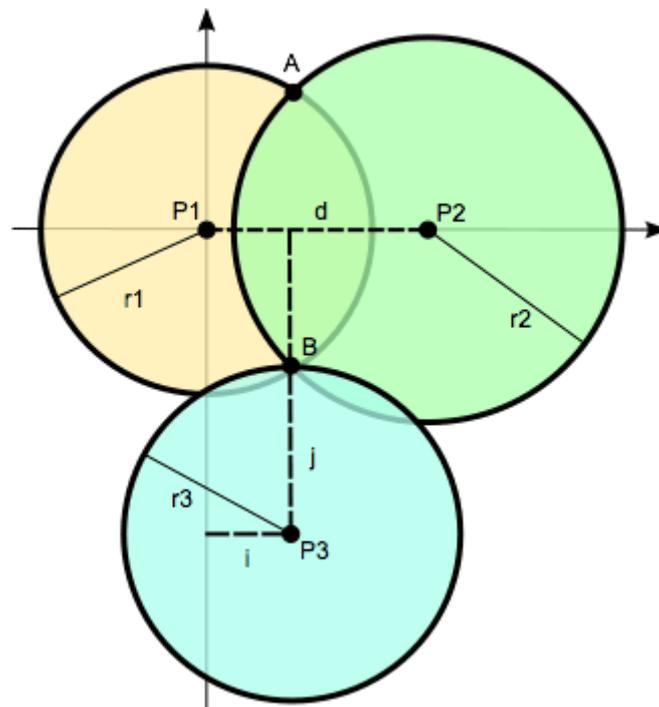
Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Pada prakteknya, setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 channel satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi.

Cara kerja GPS secara sederhana ada 5 langkah, yaitu :

1. Memakai perhitungan "*trilateration*" dari satelit.
2. Untuk perhitungan "*trilateration*", GPS mengukur jarak menggunakan travel time sinyal radio.
3. Untuk mengukur *travel time*, GPS memerlukan memerlukan akurasi waktu yang tinggi.
4. Untuk perhitungan jarak, kita harus tahu dengan pasti posisi satelit dan ketinggian pada

orbitnya.

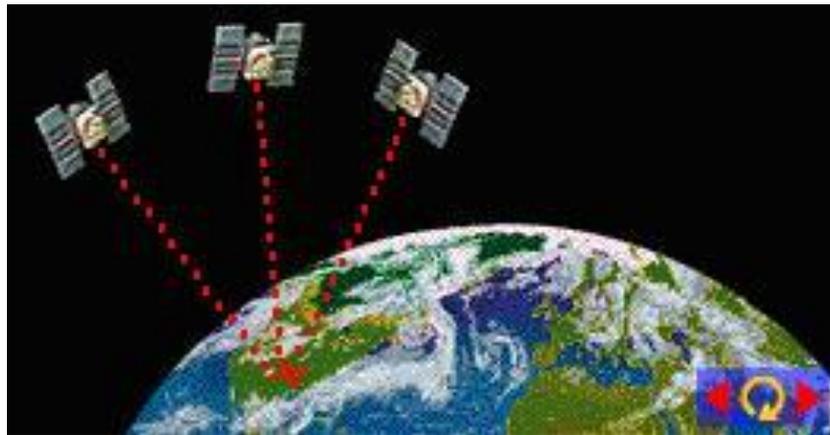
5. Terakhir harus mengoreksi *delay* sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima receiver.



Gambar 2.4 Trilaterasi Dalam Global Positioning System (GPS)

(Sumber : Wildan Habibi, ITS, Surabaya Januari : 2011)

Trilaterasi itu sendiri adalah proses mencari koordinat sebuah titik berdasarkan jarak titik tersebut ke minimal 3 buah koordinat yang sudah diketahui. misalkan kita ingin mengetahui koordinat titik B dan koordinat dari titik P1, P2 dan P3 sudah diketahui seperti yang terlihat pada gambar 2.4. dengan mengukur r_1 (jarak antara B dengan P1), maka dapat diketahui bahwa koordinat B pasti terletak pada keliling lingkaran dengan jari-jari r_1 . lalu dengan mengukur r_2 (jarak antara B dengan P2) maka koordinat titik pasti terletak diantara titik A atau B yang merupakan perpotongan antara kedua lingkaran. Dan pada saat diukur jarak r_3 (jarak antara B dengan P3), kita sudah mendapatkan sebuah titik B, yang merupakan perpotongan antara ketiga buah lingkaran.



Gambar 2.5 Cara Satelit menentukan Posisi

(Sumber : Jurnal Andi Sunyoto, STMIK AMIKOM Jogjakarta, 2013:1)

Setiap satelit GPS mentransmisikan data yang menunjukkan lokasi dan waktu. Semua satelit GPS beroperasi sehingga sinyal-sinyal mengulangi transmisi pada saat yang sama. Sinyal bergerak dengan kecepatan cahaya dan tiba di receiver GPS pada waktu yang sedikit berbeda karena beberapa satelit memiliki jarak yang lebih jauh daripada yang lain. Jarak receiver ke satelit GPS dapat ditentukan dengan memperkirakan jumlah waktu yang diperlukan untuk sinyal mencapai penerima.

Setidaknya ada 24 satelit GPS operasional setiap saat. Satelit yang dioperasikan oleh Departemen Pertahanan AS mengorbit dengan jangka waktu 12 jam (dua orbit per hari) pada ketinggian sekitar 11.500 mil perjalanan di 9,000mph (3.9km / s atau 14,000kph). stasiun tanah yang digunakan untuk tepat melacak orbit setiap satelit.

(sumber : <http://www.pocketgpsworld.com/howgpsworks.php>)

Sebuah GPS receiver harus mengunci sinyal minimal tiga satelit untuk menghitung posisi 2D (*latitude* dan *longitude*) dan *track* pergerakan. Jika GPS *receiver* dapat menerima empat atau lebih satelit, maka GPS dapat menghitung posisi 3D (*latitude*, *longitude* dan *altitude*). Jika sudah dapat menentukan posisi *user*, selanjutnya GPS dapat menghitung informasi lain, seperti kecepatan, arah yang dituju, jalur, tujuan perjalanan, jarak tujuan, matahari terbit dan terbenam ,dan masih banyak lagi.

Satelit GPS dalam mengirim informasi waktu sangat presisi karena satelit memakai jam atom sebagai acuan waktu. Jam atom yang ada pada satelit berjalan dengan partikel atom yang di isolasi, sehingga dapat menghasilkan jam yang akurat dibandingkan dengan jam biasa. Perhitungan waktu yang akurat sangat menentukan akurasi perhitungan untuk menentukan

informasi lokasi kita. Selain itu semakin banyak sinyal satelit yang dapat diterima maka akan semakin presisi data yang diterima karena ketiga satelit mengirim *pseudo-random code* dan waktu yang sama. Ketinggian itu menimbulkan keuntungan dalam mendukung proses kerja GPS bagi kita karena semakin tinggi satelit maka akan semakin bersih atmosfer sehingga gangguan transmisi semakin sedikit. Satelit harus tetap pada posisi yang tepat sehingga stasiun di bumi harus terus memonitor setiap pergerakan satelit, dengan bantuan radar yang presisi selalu di cek tentang altitude, position dan kecepatannya.

2.2.3 Cara Satelit Menentukan Posisi Lokasi

Sinyal yang dikirimkan oleh satelit ke GPS akan digunakan untuk menghitung waktu perjalanan (*travel time*). Waktu perjalanan ini sering juga disebut sebagai *Time of Arrival* (TOA). Sesuai dengan prinsip fisika, bahwa untuk mengukur jarak dapat diperoleh dari waktu dikalikan dengan cepat rambat sinyal. Maka jarak antara satelit dengan GPS juga dapat diperoleh dari prinsip fisika tersebut. Setiap sinyal yang dikirimkan oleh satelit akan juga berisi informasi yang sangat detail, seperti orbit satelit, waktu, dan hambatan di atmosfer. Satelit menggunakan jam atom yang merupakan satuan waktu paling presisi. Untuk dapat menentukan posisi dari sebuah GPS secara dua dimensi (jarak), dibutuhkan minimal tiga buah satelit. Empat buah satelit akan dibutuhkan agar didapatkan lokasi ketinggian (secara tiga dimensi). Setiap satelit akan memancarkan sinyal yang akan diterima oleh GPS *receiver*. Sinyal ini akan dibutuhkan untuk menghitung jarak dari masing-masing satelit ke GPS. Dari jarak tersebut akan diperoleh jari-jari lingkaran jangkauan setiap satelit. Lewat perhitungan matematika yang cukup rumit, interseksi (perpotongan) setiap lingkaran jangkauan satelit tadi akan dapat digunakan untuk menentukan lokasi dari GPS di permukaan bumi. (Jurnal Andi Sunyoto, STMIK AMIKOM Jogjakarta, 2013:1)

2.2.4 Spesifikasi GPS

- Sinyal GPS

Satelit GPS mengirim dua sinyal transmisi gelombang radio dengan emisi “*Code-Phase*” dan “*Carrier-Phase*” untuk menghitung jarak Satelite dan GPS Receiver agar lebih akurat, dengan frekuensi L1(1,57542 GHz) GPS transmisi Signal diperuntukan pengguna sipil dan L2.(1227.60 MHz) US GPS transmisi Sinyal untuk keperluan militer dengan spesifikasi keakuratan serta *Error Correction* lebih baik. Sinyal satelite GPS Navstar



memancar menyorot permukaan bumi sesuai dengan karakter signal Microwave pada band sekitar 1.2- 1,5 GHZ, menembus awan, kaca dan plastic namun tidak akan bisa menembus benda padat/keras seperti bangunan atau gunung.

- Sinyal dan Bias pada GPS

GPS memancarkan dua sinyal yaitu frekuensi L1 (1575.42 MHz) dan L2 (1227.60 MHz). Sinyal L1 dimodulasikan dengan dua sinyal pseudo-random yaitu kode P (Protected) dan kode C/A (coarse/aquisition). Sinyal L2 hanya membawa kode P. Setiap satelit mentransmisikan kode yang unik sehingga penerima (receiver GPS) dapat mengidentifikasi sinyal dari setiap satelit. Pada saat fitur "Anti-Spoofing" diaktifkan, maka kode P akan dienkripsi dan selanjutnya dikenal sebagai kode P(Y) atau kode Y.

Ketika sinyal melalui lapisan atmosfer, maka sinyal tersebut akan terganggu oleh konten dari atmosfer tersebut. Besarnya gangguan di sebut bias. Bias sinyal yang ada utamanya terdiri dari 2 macam yaitu bias ionosfer dan bias troposfer. Bias ini harus diperhitungkan (dimodelkan atau diestimasi atau melakukan teknik differencing untuk metode diferensial dengan jarak baseline yang tidak terlalu panjang) untuk mendapatkan solusi akhir koordinat dengan ketelitian yang baik. Apabila bias diabaikan maka dapat memberikan kesalahan posisi sampai dengan orde meter.

- *Error Source* pada GPS

Pada sistem GPS terdapat beberapa kesalahan komponen sistem yang akan mempengaruhi ketelitian hasil posisi yang diperoleh. Kesalahan-kesalahan tersebut contohnya kesalahan orbit satelit, kesalahan jam satelit, kesalahan jam receiver, kesalahan pusat fase antena, dan multipath. Hal-hal lainnya juga ada yang mengiringi kesalahan sistem seperti efek imaging, dan noise. Kesalahan ini dapat dieliminir salah satunya dengan menggunakan teknik differencing data.

(sumber : <http://sharewelcome.co.id/2013/01/pembahasan-tentang-gps-global.html>)

2.3 Komponen Penyusun Drone Quadcopter

Dalam proses pembuatannya drone quadcopter memiliki beberapa komponen penyusun yang biasa terdapat pada quadcopter. Berikut beberapa penjelasan tentang komponen penyusun quadcopter.

2.3.1 *Frame F450Q*

Frame quad F450 merupakan *frame* yang berukuran diameter 450 mm. *Frame* ini terbuat dari bahan plastik solid agar tidak terlalu berat dan lebih kuat. Selain itu *frame* ini cukup lentur, sehingga dapat mengurangi getaran/goncangan pada saat pesawat mendarat atau terjadi *crash*.

Frame ini memiliki 4 sayap untuk menempatkan motor pada masing-masing ujung lengan. Selain itu *frame* ini memiliki *landing gear* kecil pada bagian bawah masing-masing ujung lengan agar perangkat lain tidak kontak langsung ke landasan. Hal tersebut berguna untuk melindungi *flight controller* agar tidak terkena benturan ke tanah jika terjadi *crash*.

Tabel 2.1 Spesifikasi *frame F450*

Parameter	Nilai
<i>Frame weight</i>	282 g
Diagonal <i>Wheelbase</i>	450 mm
<i>Takeoff Weigh</i>	800 g ~ 1200 g

(Sumber : http://wiki.dji.com/en/index.php/Flame_Wheel_F450_Specifications)

2.3.2 Remote Control

Teknologi Pengendali (Remote Control) adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan sebuah mesin dari jarak jauh. Remote control terdiri dari Tx dan Rx (*transmitter* dan *receiver*) yang merupakan pengirim data dan penerima data, data yang dikirim adalah data PPM (*Pulse Position Modulation*) atau PCM (*Pulse Code Modulation*). Dengan frekuensi 27, 35, 72 dan 2,4 GHz.

(sumber : <http://www.electronicglobal.com/2011/09/remote-control.html>)

Beberapa jenis *transmitter* digunakan berdasarkan dari frekuensi yang dipakai, jumlah *channel* (titik yang biasa dikontrol) minimum untuk pesawat model adalah 3 *channel* dan fasilitas penyimpan data digital. Contoh gambar *remote control* ditunjukkan pada gambar gambar 2.6 *Remote Control AT-9*.



Gambar 2.6 Remote Control *Radiolink* AT-9

Sumber : (dronesforsaleclassified.com)

Radio transmitter mengirimkan sinyal-sinyal sesuai dengan posisi dari tiap kanal. Bentuk sinyal yang dikirim tidak ada aturan baku yang mengatur sehingga perusahaan pembuat dapat membuat sinyal kirim sesuai dengan keinginan.

Keluaran *radio receiver* dapat langsung digunakan untuk mengendalikan servo dan ESC karena sinyal *radio receiver* merupakan sinyal standar dalam dunia RC. Pada penelitian ini keluaran *receiver* dihubungkan dengan perangkat modul *flight controller* agar dapat digunakan untuk mengatur gerakan-gerakan *quadcopter* pada saat terbang secara manual. *Radiolink* AT-9 ini memiliki 9 kanal, 4 buah digunakan untuk mengatur gerakan *roll*, *pitch*, *yaw*, dan *throttle*, dan 5 kanal sisa digunakan untuk *switch* dari mode manual ke otomatis. (sumber : <http://eprints.polsri.ac.id/186/3/BAB%20II%20FIX.docx>)

2.3.3 Baterai Lithium Polymer (LiPo)

Baterai Lithium Polimer atau biasa disebut dengan LiPo merupakan salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam dunia RC. Utamanya untuk RC tipe pesawat dan helikopter. Baterai LiPo tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan

pertukaran ion. Kekurangan pada baterai li-po 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. (sumber : <https://ngelag.com/cara-membuat-drone-quadcopter-komponen/>)

Pada pembuatan quadcopter ini menggunakan baterai LiPo (*lithium polymer*) dengan spesifikasi 5400mAh 3S 20C. 5400mAh artinya kapasitas baterai, 3S artinya 3 cell dipasang secara seri dengan tiap cell memiliki 4,2 volt artinya baterai ini memiliki voltase sebesar 12,6 volt. sedangkan C adalah singkatan dari Capacity.



Gambar 2.7 Baterai Lipo

Sumber : (indonesian.alibaba.co)

2.3.4 Flight Controller Drone

Flight controller drone merupakan komponen *quadcopter* yang menentukan apa saja fitur dari *quadcopter* tersebut atau dapat disebut sebagai pusat saraf dari *drone*. Cara kerja *flight control* dapat dikendalikan berdasarkan GPS untuk mengaktifkan sistem *autopilot* dan diterbangkan dengan sistem stabilisasi dasar menggunakan hardware kelas *radio kontrol*.

Flight controller memiliki banyak sensor yang tersedia seperti sensor posisi, sensor tekanan udara, dan sensor kecepatan udara. perangkat utama perhitungan penerbangan berbasis pada *gyroscope* dan ditambah dengan *accelerometer*. *Accelerometer* sensor digunakan untuk mengukur percepatan *dynamic* dan *static* suatu objek. Pengukuran *dynamic*

adalah pengukuran percepatan pada objek bergerak, sedangkan pengukuran *static* adalah pengukuran terhadap gravitasi bumi. Untuk mengukur sudut kemiringan (tilt). Di situlah gyroscope sebagai tingkat ukuran . *Gyroscope* adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. *Gyroscope* sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya. (sumber : <http://www.garasidrone.com/apa-saja-yang-dibutuhkan-dalam-membuat-sebuah-multicopter-atau-drone/>)



Gambar 2.8 *Flight Controller Pixhawk*

Sumber : (protoneer.co.nz)

Pada pembuatan quadcopter ini menggunakan *flight controller* Pixhawk seperti yang terlihat pada gambar 2.8. *Flight controller* Pixhawk merupakan hardware dan software rotary wings yang didesain pada quadcopter untuk mampu terbang secara otomatis dengan menggunakan pengolahan on-board visi komputer. Perangkat lunak dan sistem hardware pada Pixhawk dibentuk dalam sebuah platform penelitian open-source yang memungkinkan pengolahan penuh pada quadcopter. Pixhawk memungkinkan *quadcopter* terbang otomatis secara penuh tanpa radio link maupun perangkat pengolahan eksternal. Pixhawk adalah sistem autopilot canggih yang dirancang oleh proyek PX4 terbuka hardware dan diproduksi oleh 3D Robotika. Pixhawk merupakan fitur prosesor canggih dan teknologi sensor dari ST Microelectronics® dan system operasi real-time NuttX, dimana alat ini memberikan kinerja yang luar biasa, fleksibilitas, dan kehandalan untuk mengendalikan setiap kendaraan secara otomatis.

Pengaturan navigasi keseluruhan pada pixhawk akan dilakukan pada mikrokontroler atau visi computer. Dengan menggunakan pengolahan on-board untuk lokalisasi dan manuver yang digunakan saat ini menggunakan baik GPS maupun Inertial Navigation System (INS). Pengolahan on-board secara efektif membuat MAV tergantung pada unit pengolahan eksternal dan sangat membatasi keselamatan dan jangkauan pengoperasian quadcopter.

2.3.5 Electronic Speed Control (ESC)

ESC yang digunakan adalah berjenis *brushless*, terdiri atas susunan MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) 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 mikroprocessor, 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* yang banyak. (Ghani Akbar Habibi: hlm 34, 35). Berikut ini adalah tabel 2.4 spesifikasi ESC MOSFET yang digunakan.

Tabel 2.2 Spesifikasi ESC

Parameter	Nilai
Arus konstan (A)	30
Arus lebih(>10 s) (A)	10
Keluaran BEC	5V@1,5A
Massa(gr)	27
Ukuran (PxLxT)	57x25x8 mm

(Sumber : Ghani Akbar habibi, *Perancangan Dan Analisis Otomasi Sistem Kendali Quadcopter Melalui Koordinat Dengan Global Positioning System Tracker*, (Bandung, Institut Teknologi Telkom, 2013), hlm. 35)

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 2.9 *Electronic speed control (ESC)*

Sumber : (www.quadcopters.co.uk)

2.3.6 Motor BrushLess DC (BLDC)

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

Adapun beberapa keuntungan dengan menggunakan Motor BLDC pada pembuatan drone Quadcopter, 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.

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. Perkirakan juga beban yang akan di angkat motor, ini akan menentukan pemilihan daya motor. Setiap motor punya daya dorong (*trust*), misalkan ;

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

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

(sumber : <http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-brushless-dc-blcdc-motor/2/>)

Tabel 2.3 Karakteristik Motor DC *Brushless*

Parameter	Nilai
KV (rpm/v)	920
<i>Weight</i> (g)	57
<i>Max Current</i> (A)	16
<i>Resistance</i> (mh)	90
<i>Max Voltage</i> (V)	11
<i>Power</i> (W)	150

(Sumber:http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/__18155__turnigy_aerodrive_sk3_2830_920kv_brushless_outrunner_motor.html)



Gambar 2.10 motor *brushless*

Sumber : (www.nwuav.com)

2.3.7 Baling-Baling (*Propeller*)

Baling-baling (*propeller*) adalah alat untuk menjalankan pesawat terbang. Baling-baling 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. Baling-baling yang digunakan pada *quadcopter* berdimensi 10 x 45 inch. (Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Baling-baling>). Contoh gambar *propeller* ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.11 Baling-baling 10 x 4,5 inch.

(Sumber : http://box492.listingfactoryhosting.org/users/13054a004e1bd8fd16/eBayAuctions/10x45dji ebay/images/6704886433394b81a14058716_large.jpg)

2.2.8 Telemetry

Telemetry adalah Sebuah *Unit* Komunikasi System yg di Buat oleh Angkatan Bersenjata Israel. Tujuan utamanya adalah untuk mengakhiri era Komunikasi Satelit OFEQ di Luar Angkasa. Yang Terkesan Bagi Bangsa Yahudi ini, Program Tersebut agak Boros banget, Membutuhkan Biaya Mahal dan Kemampuan Signal & Penglihatannya juga Terbatas Pada Lengkungan Bumi.



Gambar 2.12 Telemetry

Sinyal Komunikasi atau pertukaran data pada telemetry merupakan hal penting. Telemetry diperuntukan untuk memperpanjang basis sinyal-sinyal untuk penerbangan pesawat, robot *drone* atau untuk penerbangan arah rudal Jelajah seperti halnya milik bangsa Yahudi. Seperti *David Sling*, *Arrow*, *Barak8*, atau *Popeye Turbo*. Tanpa sistem telemetry rudal atau pesawat *drone* milik bangsa Yahudi ini akan kehilangan signal atau hilang kontak dengan GCS (*Ground Control Station*). Sehingga *drone* tersebut tidak bisa terbang lebih jauh. Walaupun sebenarnya pesawat *drone* sangat memungkinkan untuk terbang lama hingga 1-3 Hari Tanpa Isi Bahan Bakar. Namun apabila tidak ada signal-sinyal telemetry maka pesawat *drone* tersebut tidak bisa terbang semakin jauh. *Drone* tersebut hanya mampu terbang berdasarkan lokasi yg tidak terlampau luas.

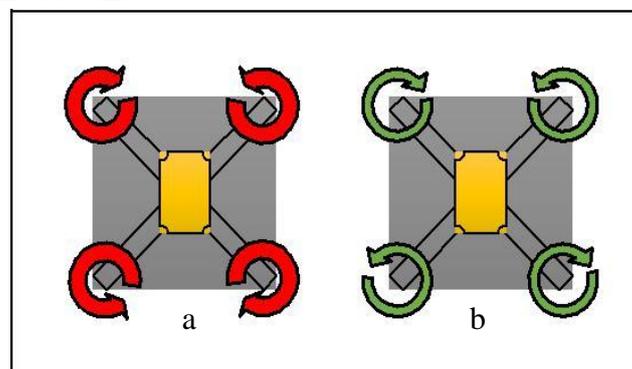
2.4 Kendali Pada *Quadcopter*

Ketika quadcopter sedang terbang dan melayang di udara (*hovering*) kecepatan putar pada setiap rotornya adalah sama. Saat quadcopter melakukan gerakan maju, 2 buah baling-baling atau propeller yang berada dibelakang akan berputar lebih cepat sehingga body quadcopter akan miring ke depan. Gaya dorong yang dihasilkan keempat propeller akan mempunyai komponen gaya ke atas dan ke depan sehingga quadcopter akan terdorong ke arah depan sambil mempertahankan ketinggiannya. Berikut adalah penjelasan ilustrasi gerakan *quadcopter* yang dipengaruhi oleh kecepatan propeller.

(sumber : <http://firmanikhsan.com/mengenal-quadcopter/>)

2.4.1 Kendali *Throttle*

Kendali ini bertujuan untuk melakukan *vertical take-off and landing* (VTOL) bergerak ke atas dan ke bawah.

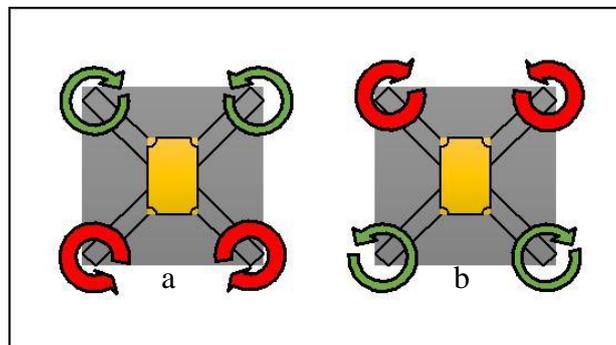


Gambar 2.13 Pengaturan *Throttle Propeller*

Putaran yang merah menandakan *propeller* berputar dengan cepat, sedangkan putaran yang hijau menandakan *propeller* berputar dengan lambat. Seperti yang terlihat pada gambar 2.13a maka keempat *propeller* akan berputar dengan cepat sehingga quadcopter akan bergerak keatas (dalam posisi *take-off*) dan pada gambar 2.13b *propeller* akan berputar dengan lambat sehingga *quadcopter* dalam posisi *landing*.

2.4.2 Kendali *Pitch*

Kendali *pitch* adalah kendali yang diberikan agar quadcopter bergerak maju dan bergerak mundur. Berikut gambar yang menampilkan ilustrasi kecepatan putar *propeller* untuk pengaturan *pitch*.

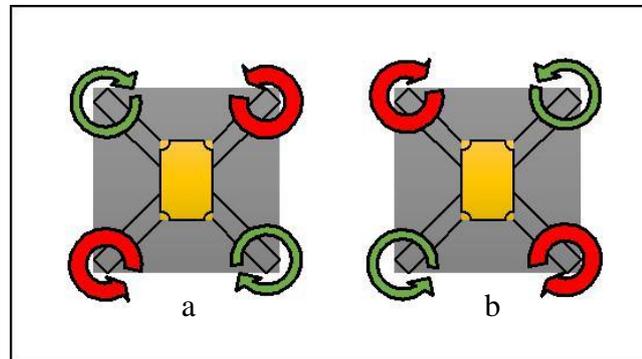


Gambar 2.14 Pengaturan *pitch propeller*

Pada gambar 2.14a menampilkan ilustrasi dua *propeller* belakang berputar lebih cepat dibandingkan dua *propeller* di depan ini menyebabkan *quadcopter* akan bergerak maju, sedangkan gambar 2.14b menampilkan ilustrasi dua *propeller* di depan berputar lebih cepat dibandingkan dua *propeller* di belakang hal ini menyebabkan *quadcopter* akan bergerak mundur.

2.4.3 Kendali Yaw

Kendali *yaw control* bertujuan agar quadcopter bergerak berputar kekiri dan bergerak ke kanan. Ilustrasinya dapat dilihat pada gambar 3 berikut ini.

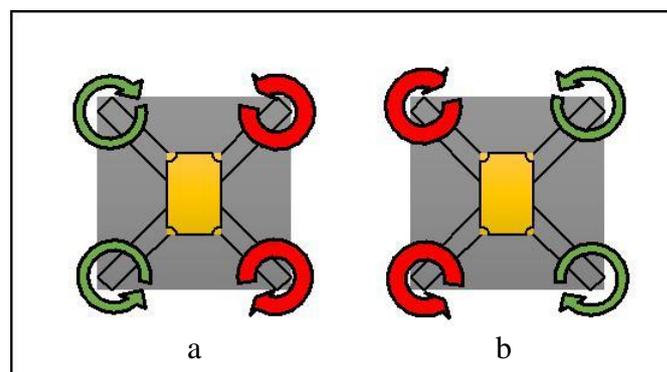


Gambar 2.15 Pengaturan Yaw Propeller

Pada gambar 2.15a menampilkan ilustrasi dua buah *propeller* yang saling bersilangan dimana pada *propeller* kanan depan dan kiri belakang berputar lebih cepat dibandingkan dengan yang lain hal ini menyebabkan quadcopter akan bergerak memutar kekiri (*left rotate*) dan gambar 2.15b menampilkan ilustrasi dua buah *propeller* yang saling bersilangan dimana pada *propeller* kiri depan dan kanan belakang berputar lebih cepat dibandingkan dengan yang lain hal ini menyebabkan pergerakan quadcopter memutar kekanan (*right rotate*).

2.4.4 Kendali Roll

Kendali *roll* diberikan agar quadcopter bergerak kekiri dan kekanan. Ilustrasi pengaturan roll propeller dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 2.16 Pengaturan Roll Propeller



Pada gambar 2.16a menampilkan ilustrasi perputaran dua *propeller* kanan lebih cepat dibandingkan dua *propeller* kiri hal ini menyebabkan *quadcopter* akan bergerak ke kiri, sedangkan gambar 2.16b menampilkan ilustrasi perputaran dua *propeller* kiri lebih cepat dibandingkan dua *propeller* kanan hal ini menyebabkan *quadcopter* akan bergerak ke kanan.