

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pesawat tanpa awak

Pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri. Pesawat tanpa awak adalah drone target, pesawat tanpa awak yang digunakan sebagai sasaran tembak. Perkembangan kontrol otomatis membuat pesawat sasaran tembak yang sederhana mampu berubah menjadi pesawat tanpa awak yang kompleks dan rumit. Kontrol pesawat tanpa awak ada dua variasi utama, variasi pertama yaitu kontrol melalui pengendalian jarak jauh dan variasi kedua adalah pesawat terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan kedalam pesawat sebelum terbang. Saat ini pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) mampu melakukan misi pengintaian dan penyerangan, saat ini pesawat tanpa awak juga semakin banyak digunakan untuk keperluan sipil (non militer) seperti pemadam kebakaran keamanan non militer atau pemeriksaan jalur pemipaan. Pesawat tanpa awak sering melakukan tugas yang dianggap terlalu kotor dan terlalu berbahaya untuk pesawat berawak.

Dalam sebuah perancangan pesawat terbang tanpa awak, terlebih dahulu harus mendefinisikan misi penerbangan seperti apa yang akan dilakukan oleh pesawat tersebut. Hal ini harus dilakukan karena tidak ada satu jenis pesawat terbang tanpa awak yang bisa melakukan semua misi yang ada dalam penerbangan. Pesawat terbang tanpa awak dimaksudkan untuk mengemban misi pemantauan udara untuk melihat objek yang diam atau bergerak diatas permukaan tanah. Misi tersebut dilakukan didaerah dengan dukungan infrastruktur yang minim seperti daerah hutan pegunungan, rawa dan lain-lain. Dengan misi tersebut, maka pesawat terbang tanpa awak harus merupakan gabungan karakter antara tipe pesawat sport, trainer, dan pesawat trainer glideer, yaitu berkecepatan rendah, sangat stabil dapat melayang dan mudah dikendalikan. agar dapat dimobilisasi/demobilisasi dengan mudah maka pesawat tersebut harus praktis, portable dan agar dapat dioperasikan secara “*take off hand launched*” maka bobot pesawat tersebut harus ringan agar

dapat diluncurkan dengan menggunakan tangan, sehingga berat pesawat harus lebih kecil dari 6 kg. Sistem kendali pesawat terbang tanpa awak terbagi menjadi 2 bagian pengendalian terbang yaitu :

2.1.1 pengendalian tahap manual

Pada tahap ini *take off* dan *landing* pesawat terbang tanpa awak menggunakan peran pilot (operator) untuk mengendalikan pesawat terbang tanpa awak mencapai ketinggian dan kecepatan operasi yang diinginkan. Pada tahap ini pilot menggunakan *remote control* untuk mengendalikan pesawat terbang tanpa awak dengan mengontrol *thrust, pitch, dan roll* pesawat dengan mengendalikan stick *remote control* yaitu mengatur stick *throttle, elevator, dan aileron remote control*.

2.1.2 pengendalian tahap autopilot

Pada tahap ini ketika pesawat terbang tanpa awak sudah terbang pada ketinggian operasi dan kecepatan terbang yang diinginkan maka pilot akan mengaktifkan sistem kendali autopilot dengan mengaktifkan stick *fligh mode* pada *remote control* sehingga pesawat dapat terbang sesuai dengan program yang kita masukan kedalam *fligh controller pesawat* adapun sistem bekerja meliputi : *wing leveler* untuk menjaga pesawat terbang tetap datar, *airspeed hold* untuk menjaga kecepatan pesawat agar tetap pada satu angka kecepatan yang telah diprogram dan *altitude hold* untuk menjaga ketinggian terbang pesawat agar pada satu ketinggian yang telah diprogram. Adapun sistem navigasi yang digunakan pada saat pesawat pada mode autopilot adalah Pada saat pesawat terbang tanpa awak dalam mode *autopilot* maka pesawat menggunakan sistem navigasi yang berbasis GPS. Pada uji penerbangan *waypoint following* (mengikuti titik-titik koordinat yang telah ditentukan). Navigasi berbasis GPS secara efektif memandu pesawat melakukan penerbangan pesawat tanpa awak melewati titik-titik koordinat yang telah diprogram dibantu dengan sistem *autopilot*. pesawat tanpa awak memiliki fungsi utama sebagai pengintai, dengan demikian penempatan kamera video sebagai mata dari pesawat ini menjadi penting. Ada beberapa hal penting yang dipertimbangkan dalam penempatan kamera, antara lain memiliki sudut pandang yang terbuka, dan

menjadi alat bantu penglihatan bagi pilot dan kamera ditempatkan pada dudukan yang kokoh.

2.2 Jenis UAV

Secara umum pembagian jenis UAV dilakukan menurut jenis , sumber tenaga penggerak dan besar atau berat pesawat.

1. Jenis pesawat UAV berdasarkan jenis sayap.

Jenis sayap UAV terbagi dalam 2 bagian yaitu:

- a. *Fix wing*. Pesawat model *fixwing* adalah pesawat yang memiliki bentuk sayap tetap atau tidak bergerak. Pesawat mendapatkan *thrust* dari gaya dorong motor yang menerpa bagian sayap yang memiliki bentuk airfoil tertentu dari depan sampai belakang sehingga menghasilkan gaya angkat.
- b. *Rotary wing*. Pesawat model *rotary wing* memiliki sayap yang bergerak atau berputar atau baling-baling sehingga menghasilkan gaya angkat. Pergerakan pesawat diatur melalui perubahan sudut serang posisi baling-baling.



gambar 2.1 jenis sayap UAV
(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

2. Jenis pesawat berdasarkan sumber tenaga.

- a. *Combustion engine*. Sumber tenaga pesawat menggunakan pembakaran bahan bakar cair pada engine untuk menggerakkan propeler pesawat. Kelebihan pesawat jenis ini memiliki kecepatan tinggi, mengudara dalam waktu lama dengan daya jelajah jauh. Kekurangan dari pesawat ini adalah getaran dan suara keras dari pembakaran *engine*.

- b. *Electric*. Sumber tenaga pesawat menggunakan suplai daya dari baterai untuk menggerakkan propeler pesawat. Kekurangan pesawat jenis ini memiliki kecepatan standar, mengudara dalam waktu relatif singkat dengan daya jelajah menengah. Kelebihan pesawat jenis ini adalah getaran dan suara yang lebih halus.



Gambar 2.2 Tenaga penggerak UAV

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

3. Jenis UAV berdasarkan berat.
a. UAV *super heavy*

UAV *super heavy* adalah jenis UAV yang memiliki berat diatas 2000 Kg. Sebagai contoh UAV *super heavy* adalah *Global Hawk* seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 2.3 UAV *Super Heavy Global Hawk*

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

b. UAV *heavy*

UAV *heavy* adalah jenis robot penjelajah udara dengan berat antara 200 – 2000 Kg. Salah satu contoh UAV *heavy* adalah A-160.



Gambar 2.4 UAV A-160

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

c. UAV *medium*

UAV *medium* adalah robot penjelajah udara yang memiliki berat pada range 50-200Kg. Contoh UAV jenis *medium* adalah UAV *Chyper*.



Gambar 2.5 UAV *Chyper*

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

d. UAV *light*

UAV *light* merupakan robot penjelajah udara dengan bobot 5-50Kg. Contoh UAV jenis *light* adalah UAV *Neptune*.



Gambar 2.6 UAV neptun

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

e. UAV *Micro*

UAV *micro* adalah robot penjelajah udara yang ringan dan memiliki bobot kurang dari 5kg. Contoh UAV *micro* adalah UAV *Dragon Eye*.



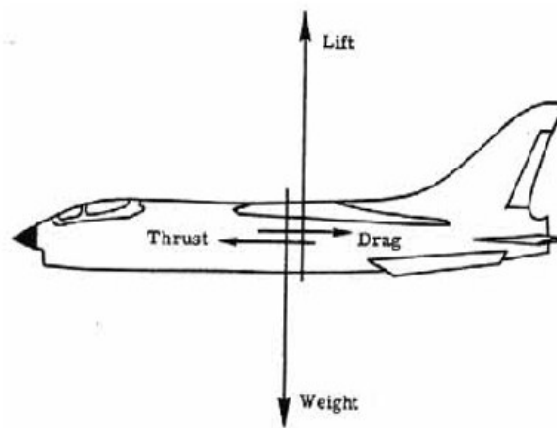
Gambar 2.7 UAV *Dragon Eye*

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

2.3 Teori Pesawat Terbang

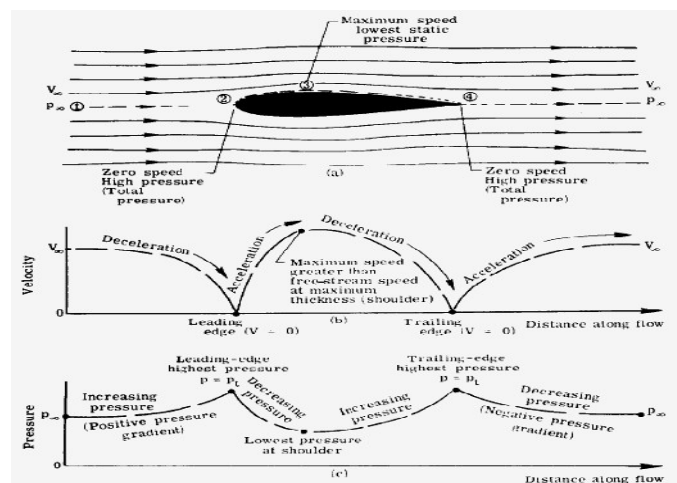
Pada pesawat terbang bekerja empat buah gaya yaitu gaya dorong(*thrust*), gaya hambat(*drag*), gaya angkat(*lift*) dan gaya gravitasi bumi

karena berat pesawat(*weight*). Gaya dorong muncul akibat dorongan angin dari baling-baling yang digerakkan oleh motor atau mesin pesawat. Gaya hambat muncul karena luas penampang pesawat yang dihamtam oleh angin dari depan pesawat yang mengakibatkan pesawat terhambat untuk bergerak ke depan. Gaya angkat muncul karena tekanan angin atau udara pada bagian atas sayap lebih rendah dari bagian bawah pesawat. Gaya-gaya yang bekerja pada dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.8 Gaya pada Pesawat

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)



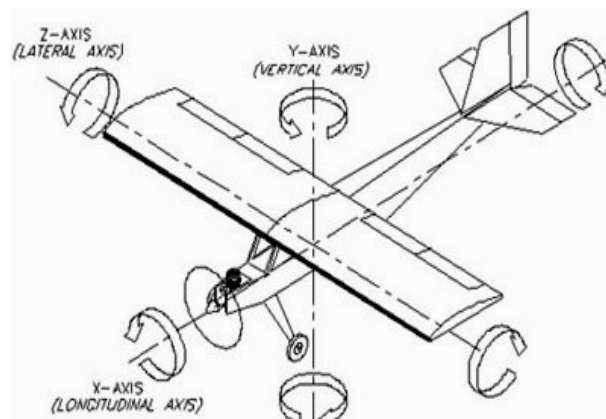
Gambar 2.9 Aliran udara pada *airfoil*

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

Angin yang menerpa bentuk *airfoil* sayap menyebabkan kecepatan angin pada bagian atas sayap lebih tinggi dari pada bagian bawah sayap, akibatnya tekanan pada bagian atas sayap lebih rendah dari pada bagian bawah sayap. Hal tersebut menyebabkan pesawat mendapat gaya angkat. Proses terjadinya gaya angkat dapat dilihat pada gambar 2.9.

Selain empat macam gaya yang terjadi pada pesawat, ada tiga sumbu gerak meliputi sumbu longitudinal, vertikal dan lateral. Titik pertemuan sumbu-sumbu tersebut merupakan CG (*Center of Gravity*) dalam kestabilan dan manuver pesawat. Manuver pesawat antara lain:

- a. *Roll*, gerak pesawat terhadap sumbu longitudinal dengan menggunakan aileron.
- b. *Pitch*, gerak pesawat terhadap sumbu lateral dengan menggunakan elevator.
- c. *Yaw*, gerak pesawat terhadap sumbu vertikal dengan menggunakan rudder.



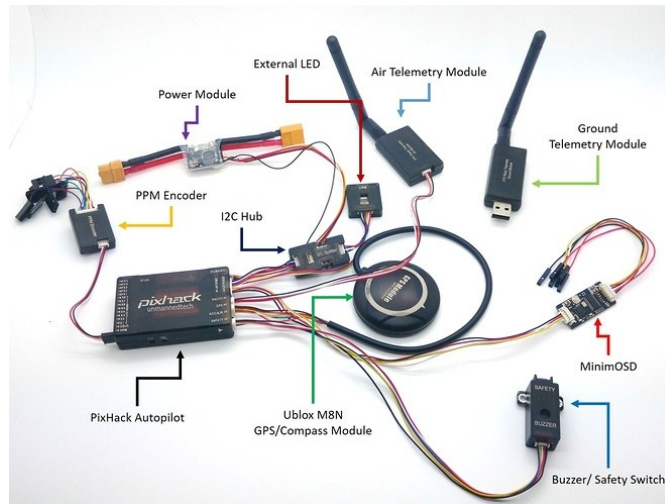
Gambar 2.10 Sumbu gerak pesawat

(Sumber : http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

2.4 Dasar-dasar autopilot atau *fligh controller*

Fligh controller adalah kumpulan dari berbagai komponen-komponen dan sensor yang berfungsi untuk menjaga pesawat terbang tanpa awak tetap seimbang dan dapat dikendalikan. Secara umum, autopilot adalah sistem yang memungkinkan pesawat tanpa awak terbang secara autonomus melewati *way point* (titik-titik kordinat yang diinginkan), sedangkan *fligh controller* adalah alat yang digunakan

agar pesawat tanpa awak dapat terbang dengan stabil dan mengoreksi gerakannya. Berikut ini adalah komponen-komponen sistem autopilot secara umum :



Gambar 2.11 komponen auto pilot

(Sumber:<http://aeroengineering.co.id/2016/05/dasar-dasar-autopilot-atau-flight-controller/>)

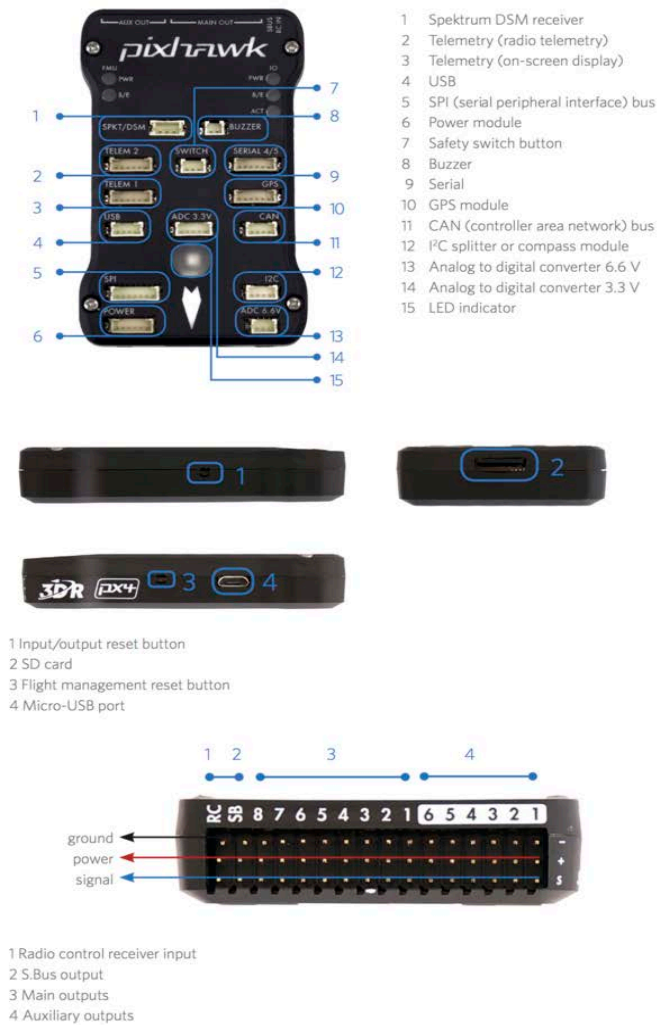
fligh controller adalah otak dari pesawat terbang tanpa awak. *Fligh controller* ini membaca sinyal dari sensor dan melakukan kalkulasi untuk memerintahkan pesawat terbang tanpa awak terbang sesuai dengan yang kita inginkan. Berikut ini adalah spefikasi dari pxhawk :

Processor

- 32bit STM32F427 Cortex M4 core with FPU
- 168 MHz
- 256 KB RAM
- 2 MB Flash
- 32 bit STM32F103 failsafe co-processor Sensor
- ST Micro L3GD20H 16 bit gyroscope
- ST Micro LSM303D 14 bit accelerometer / magnetometer
- Invensense MPU 6000 3-axis accelerometer/gyroscope
- MEAS MS5611 barometer

Interfaces

- 5x UART (serial ports), one high-power capable, 2x with HW flow control
- 2x CAN (one with internal 3.3V transceiver, one on expansion connector)
- Spektrum DSM / DSM2 / DSM-X® Satellite compatible input
- Futaba S.BUS® compatible input and output
- PPM sum signal input
- RSSI (PWM or voltage) input
- I2C
- SPI
- 3.3 and 6.6V ADC inputs
- Internal microUSB port and external microUSB port extension



gambar 2.12 penjelasan bagian pixhawk

(Sumber:<http://ardupilot.org/plane/docs/common-pixhawk-overview.html#common-pixhawk-overview>)

Adapun berikut ini adalah penjelasan dari masing masing bagian :

2.4.1 Processor

Processor adalah unit utama yang menjalankan *firmware* autopilot dan melakukan semua perhitungan. Sebagian besar *flight controller* memiliki prosessor 32bit yang lebih *powerfull* dari prosessor 8 bit.

2.4.2 Accelerometer dan gyroscope

Accelerometer dan *gyroscope* merupakan sensor inersial drone, yaitu mengukur gerakan drone tersebut dari dalam (inersial). *Accelerometer* mengukur percepatan translasi sedangkan *gyro* mengukur rotasi. Kombinasi dari kedua pengukuran tersebut memungkinkan *flight controller* menghitung *attitude* (sikap) gerakan drone dan melakukan koreksi.

2.4.3 GPS (*global positioning system*) dan Kompas

Sensor kompas atau secara umum disebut magnetometer adalah sensor yang mengukur gaya magnetik selayaknya kompas dalam artian umum. Sensor ini penting untuk pesawat terbang tanpa awak karena *accelerometer* dan *gyro* tidak dapat menunjukkan arah pesawat tanpa awak tersebut terbang, dan terbang pada satu arah saja. Sedangkan Modul GPS mengukur lokasi dari drone dengan mengukur seberapa lama sinyal bergerak dari satelit. Modul ini dapat juga digunakan untuk memperkirakan ketinggian meskipun kurang akurat. Akurasi dari GPS adalah sekitar 5 meter. Fitur utama dari modul GPS adalah menerbangkan drone melalui *way-point* yang sudah ditetapkan secara otomatis. Antena GPS sering kali diletakkan diluar drone sehingga “terlihat” dari satelit untuk mendapatkan sinyal yang *solid*.

GPS adalah sistem radio navigasi satelit yang dikembangkan oleh DOD (the U.S Dept. of Defense) untuk keperluan navigasi global segala cuaca dimuka bumi pada sembarang waktu. Sistem ini memungkinkan pemakai GPS menentukan posisi, kecepatan gerak dalam koordinat tiga dimensi dan waktu dengan teliti. Sistem radio navigasi satelit ini terdiri dari tiga bagian yaitu : *Space Segment*, *Control Segment*, dan *User Segment*. Penentuan posisi GPS digambarkan dengan menggunakan nilai koordinat X dan Y atau garis bujur dan garis lintang (*longitude/latitude*).

GPS minimal harus memiliki 3 sinyal satelit untuk menghitung posisi 2D dan dibutuhkan 4 atau lebih sinyal satelit untuk menghitung 3 posisi (*longitude, latitude* dan *altitude*). Dengan informasi posisi, GPS dapat

menghitung data-data lain, seperti : *receptacle*, arah, lintasan, jarak tempuh, matahari terbit & terbenam. Apabila dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi lainnya, GPS mempunyai banyak kelebihan dan menawarkan lebih banyak keuntungan baik dalam segi operasional maupun dalam penentuan posisi.

GPS UBLOX NEO-6M-0-001 merupakan salah satu hal penting dalam proyek ini karena GPS digunakan untuk sistem homingback. Berikut akan dijelaskan mengenai modul GPS yang digunakan:



Gambar 2.13 komponen GPS

(Sumber:<https://cansatitb2014.wordpress.com/2014/12/08/gps-ublox-neo-6m-0-001/>)

Modul GPS ini adalah keluarga dari *stand-alone GPS receivers* yang memiliki fitur dengan performa tinggi sebagai mesin penentu posisi. Modul *flexible* dan murah ini menawarkan beberapa pilihan koneksi dengan ukuran 16 x 12.2 x 2.4 mm. Dengan arsitektur, power, dan memory yang optimal modul ini sangat cocok untuk device yang menggunakan battery sebagai sumber daya dengan biaya dan *space* yang terbatas sehingga sangat cocok untuk digunakan pada CanSat. Dengan memiliki 50 kanal *positioning engine* akan mempercepat Time-To-First-Fix (TTFF) kurang dari 1 detik. Berikut adalah fitur dan spesifikasi dari modul ini :

Features:

- Standalone GPS receiver
- U-blox NEO-6M GPS module
- Under 1 second time-to-first-fix for hot and aided starts
- SuperSense ® Indoor GPS: -162 dBm tracking sensitivity
- Anti-jamming technology

- Support SBAS (WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN)
- u-blox 6 50 channel positioning engine with over 2 million effective correlators
- Timepulse
- 5Hz position update rate
- Operating temperature range: -40 TO 85°C
- UART TTL socket
- EEPROM to store settings
- Rechargeable battery for Backup
- Build in 18X18mm GPS antenna
- RoHS compliant

Specs:

Dimension : 22mmX30mm

Height : 13mm

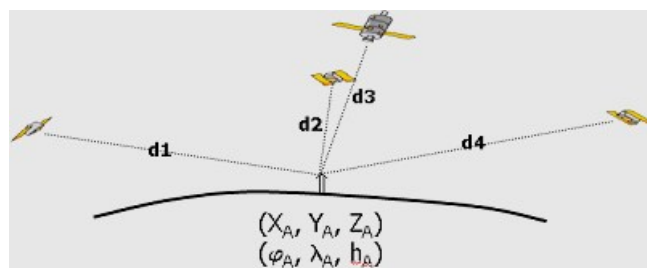
Hole dia : 3mm

Weight : 12g

Antenna Socket : IPEX

Output Protocol : NMEA

Prinsip dasar penentuan posisi dengan GPS adalah perpotongan ke belakang dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS seperti gambar berikut :



Gambar 2.14 prinsip dasar penentuan posisi GPS

(Sumber: http://repository.its.ac.id/1896/1/2214105012-Undergraduate_Theses.pdf)

Kumpulan satelit-satelit berada di orbit bumi, sekitar 12.000 mil di atas permukaan bumi. Kumpulan satelit ini diatur sedemikian rupa sehingga alat navigasi setiap saat dapat menerima paling sedikit sinyal dari empat buah satelit. Sinyal satelit ini bersifat *line of sight* (sebatas mata memandang) yang artinya dapat melewati awan, kaca, atau plastik, tetapi tidak dapat melewati gedung atau gunung. Satelit mempunyai jam atom, dan juga akan memancarkan informasi waktu. Data ini dipancarkan dengan kode '*pseudo-random*'. Masing-masing satelit memiliki kodenya sendiri-sendiri. Nomor kode ini biasanya akan ditampilkan di alat navigasi, maka kita bisa melakukan identifikasi sinyal satelit yang sedang diterima alat tersebut. Data ini berguna bagi alat navigasi untuk mengukur jarak antara alat navigasi dengan satelit, yang akan digunakan untuk mengukur koordinat lokasi. Kekuatan sinyal satelit juga akan membantu alat dalam penghitungan. Kekuatan sinyal ini lebih dipengaruhi oleh lokasi satelit, sebuah alat akan menerima sinyal lebih kuat dari satelit yang berada tepat di atasnya.

Satelit akan memancarkan data almanak dan *ephemeris* yang akan diterima oleh alat navigasi secara teratur. Data almanak berisikan perkiraan lokasi (*approximate location*) satelit yang dipancarkan terus menerus oleh satelit. Data *ephemeris* dipancarkan oleh satelit, dan valid untuk sekitar 4-6 jam. Untuk menunjukkan koordinat sebuah titik (dua dimensi), alat navigasi memerlukan paling sedikit sinyal dari 3 buah satelit. Untuk menunjukkan data ketinggian sebuah titik (tiga dimensi), diperlukan tambahan sinyal dari 1 buah satelit lagi. Dari sinyal-sinyal yang dipancarkan oleh kumpulan satelit tersebut, alat navigasi akan melakukan perhitungan-perhitungan, dan hasil akhirnya adalah koordinat posisi alat tersebut. Makin banyak jumlah sinyal satelit yang diterima oleh sebuah alat, akan membuat alat tersebut menghitung koordinat posisinya dengan lebih tepat.

Tingkat akurasi GPS ditentukan dengan istilah GDOP (*Geometric Dilution Of Precision*). DOP (*Dilution Of Precision*) atau GDOP adalah istilah yang digunakan dalam navigasi satelit dan geomatika untuk menentukan efek tambahan geometri satelit navigasi pada tingkat kepresisian pengukuran posisi. Ketika satelit GPS yang tertangkap oleh *receiver* dalam posisi berdekatan di ruang angkasa, maka nilai geometrinya lemah dan nilai DOP tinggi. Saat dalam posisi berjauhan maka

nilai geometrinya kuat dan nilai DOP nya rendah. Dengan demikian nilai DOP rendah merupakan tingkat kepresisian posisi yang lebih baik karena pemisahan sudut yang lebih luas antara satelit yang digunakan untuk menghitung posisi pengguna. Faktorfaktor lain yang dapat meningkatkan DOP efektif adalah penghalang seperti pegunungan atau bangunan di dekatnya. DOP dapat dinyatakan sebagai jumlah pengukuran yang terpisah. Istilah lebih spesifik mengenai DOP yaitu HDOP (*Horizontal Dilution Of Precision*), VDOP (*Vertical Dilution Of Precision*) dan TDOP (*Time Dilution Of Precision*). Pengaruh geometri satelit pada kesalahan posisi disebut *dilution of precision* dan itu diartikan sebagai rasio *position error* terhadap *range error*. Dapat dibayangkan jika piramida persegi dibentuk oleh garis bergabung empat satelit dengan penerima di ujung piramida. Semakin besar volume piramida maka semakin baik (lebih rendah) nilai GDOP sedangkan jika volumenya lebih kecil maka lebih buruk (lebih tinggi) nilai GDOP nya. Demikian pula semakin banyak jumlah satelit yang ditangkap *receiver* maka semakin baik nilai GDOP nya.

2.4.4 Telemetry

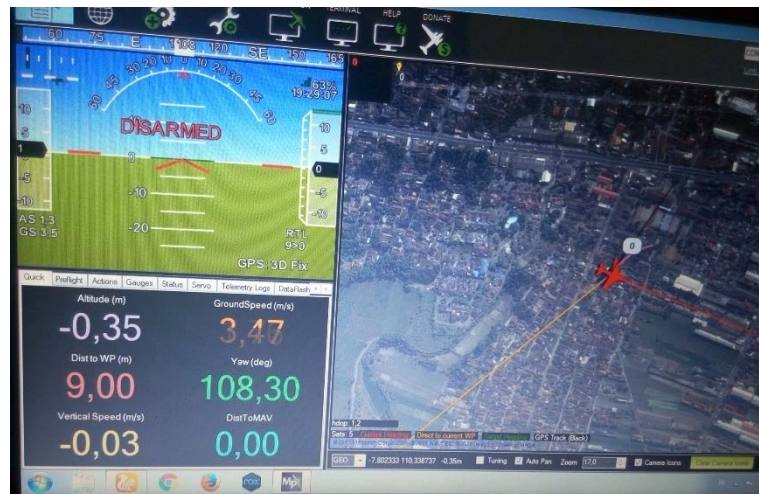
Modul telemetry adalah alat yang mengirimkan dan menerima data melalui sinyal radio. Salah satu berada di darat dan salah satunya terpasang pada pesawat.

- Interchangeable air and ground modules
- 433 mHz
- Micro-USB port
- 6-position DF13 connector
- 100 mW maximum output power (adjustable)
- -117 dBm receive sensitivity
- Based on HopeRF's HM-TRP module
- RP-SMA connector
- 2-way full-duplex communication through adaptive TDM
- UART interface
- Transparent serial link
- MAVLink protocol framing

- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)
- Configurable duty cycle
- Error correction corrects up to 25% of bit errors
- Open-source SIK firmware
- Configurable through Mission Planner and APM Planner
- Supply voltage: 3.7-6 VDC (from USB or DF13 connector)
- Transmit current: 100 mA at 20 dBm
- Receive current: 25 mA
- Serial interface: 3.3 V UART
- 26.7 cm x 55.5 cm x 13.3 cm (without antenna)

2.4.5 Ground control

Ground station adalah software yang berada pada PC maupun tablet yang mana memungkinkan pilot untuk memonitor kemanakah drone kita terbang, melakukan seting *way-point* maupun memberikan perintah kepada drone.



Gambar 2.15 gambar *ground control software mission planner*

2.4.6 Power Modul

Autopilot adalah peralatan elektronik yang sensitif, sehingga dibutuhkan sumber daya yang “bersih”. Power modul digunakan untuk merubah voltase baterai yang tinggi menjadi sesuai yang dibutuhkan oleh autopilot (biasanya 5 Volt).



Gambar 2.16 power modul

(Sumber:<http://aeroengineering.co.id/2016/05/dasar-dasar-autopilot-atau-flight-controller/>)

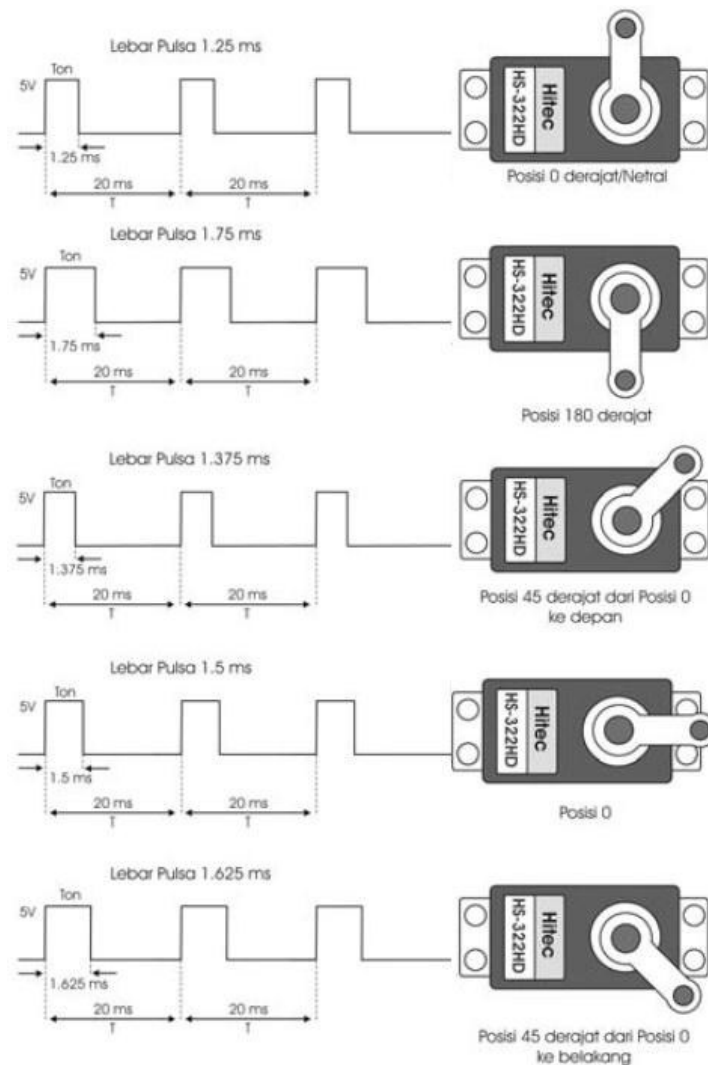
Power modul ini juga berguna untuk mengukur kondisi baterai, hal ini penting untuk sistem *failsafe* (perintah untuk mengakhiri misi terbang melalui *way-point*, misalkan *landing* otomatis atau kembali ke arah pilot), sehingga ketika baterai sudah lemah, drone akan otomatis mengambil tindakan darurat/*failsafe*.

2.4.7 Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (*duty cycle*) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Jenis Motor Servo Standar 180° hanya mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan – tengah – kiri adalah 180°. Motor Servo *continuous* mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar (dapat berputar secara kontinyu). Pulsa kontrol motor servo operasional dikendalikan oleh sebuah pulsa selebar ± 20 ms, dimana lebar pulsa antara 0.5 ms dan 2 ms menyatakan akhir dari *range* sudut maksimum. Apabila motor servo diberikan pulsa dengan besar 1.5 ms mencapai gerakan 90°, maka bila kita berikan pulsa kurang dari 1.5 ms maka posisi mendekati 0° dan bila kita berikan pulsa lebih dari 1.5 ms maka posisi mendekati 180°. Pulsa kendali motor servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz.

Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi *Ton duty cycle* 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah

(sudut 0° / netral). Pada saat *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (*Counter Clock wise, CCW*) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika *Ton duty cycle* dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (*Clock Wise, CW*) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya *Ton duty cycle*, dan bertahan diposisi tersebut (Nur Ahmad Effendi, 2014).



Gambar 2.17 Pulsa Kendali Motor Servo

(**Sumber** : Nur Ahmad Effendi, Purwarupa Sistem Peringatan Dini Nirkabel Pada Jembatan Antar Pulau Oleh Angin Berbasis Arduino Nano, 2014)

TowerPro SG90S merupakan servo memiliki bentuk yang kecil dan ringan dengan daya output tinggi . Servo dapat memutar sekitar 180 derajat (90^o ke arah kanan dan 90^o ke arah kiri).

Spesifikasi dari TowerPro SG90S adalah sebagai berikut :

- Dimensi: 22.8mm x 12.2mm x 28.5mm
- Sudut: maksimal 180^o
- Torsi : 1.8kg/cm(4.8V)2.2kg/cm(6V)
- *Operating speed* : 0.1sec/60degree(4.8v), 0.08sec/60degree(6v)
- *Operating voltage* : 4.8-6.0V □*Dead band width* : 5us



Gambar 2.18 Servo TowerPro MS-SG90S

(**Sumber** : <http://www.dx.com/p/tower-pro-mg90-metal-gearservos-with-parts-31964>)

2.4.8 Motor *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 *quadcopter*. Efisiensi motor berkaitan dengan durabilitas terbang dari *quadcopter*, mengingat sumber data (*battery*) yang digunakan terbatas.

Motor *brushless* memiliki beberapa kelebihan yaitu: efisiensi tinggi, kecepatan dan torsi yang tinggi, respons dinamis yang tinggi, dan masa operasi yang panjang.



Gambar 2.19 Motor *brushless*

(Sumber :<http://www.hobbyking.com/motor-brushless>)

Keuntungan dari *brushless* motor sebagai berikut:

- Komputer dapat mengatur kecepatan motor lebih baik sehingga membuat *brushless motor* lebih efisien.
- Tidak adanya *storing/electrical noise*.
- Tidak menggunakan *brushes* yang dapat rusak setelah lamanya pemakaian.
- Dengan posisi *electromagnet* sdi bagian *stator*, maka pendinginan motor menjadi lebih mudah.
- Jumlah *electromagnets* sdi *stator* dapat sebanyak mungkin untuk mendapatkan kontrol yang lebih akurat.

Motor *brushless* seperti gambar diatas mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- *Battery*: 2~4 Cell /7.4~14.8V
- RPM: 1100kv

- *Max current:* 18A
- *Noloadcurrent:* 1A
- *Max power:* 336W
- *Internal resistance:* 0.107 ohm
- *Weight:* 70g (includingconnectors)
- *Diameter of shaft:* 4mm
- *Dimensions:* 28x36m
- *Propsize:* 7.4V/11x7 14.85V/7x3
- *Max thrust:* 1130g

2.4.9 Electronic SpeedController (ESC)

ESC (*ElektronicSpeed Control*) yang berfungsi sebagai pengatur kecepatan motor, selain itu juga berfungsi untuk menaikkan jumlah arus yang diperlukan oleh motor. ESC dapat dikatakan juga sebagai *Drive* motor dengan mengeluarkan pulsa untuk *brushless* motor yang berasal dari mikrokontroler.



Gambar 2.20 ESC (Electronic SpeedController)

(**Sumber:**<http://www.hobbyking.com/ESC>)

2.5.0 Baling – Baling (*Propeller*)

Baling-baling adalah alat yang mengubah gerak putar menjadi daya dorong. Daya dorong inilah yang dimanfaatkan *quadcopter* sebagai penghasil daya dorong

utama. Bilah-bilah dari *propeller* berperan sebagai sayap yang berputar menghasilkan sebuah perbedaan tekanan antara permukaan depan dan belakang bilah tersebut. (digilib.its.ac.id/public/ITSpaper-28475-4208100001).

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. Tapi diameter dan *pitch* dari baling-baling ini harus disesuaikan dengan motor dan sumber daya yang digunakan. 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. Biasanya penambahan jumlah bilah bertujuan untuk memperkecil diameter baling-baling, tentunya untuk menghasilkan performa yang sama (dengan motor yang sama) *pitch*-nya harus dikurangi.



Gambar 2.21 propeller 3 dan 4 bilah

(Sumber:<http://www.hobbyking.com/propeller>)

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 balingbaling. Pada *quadcopter*, dibutuhkan sepasang baling baling *CW* dan *CCW* agar *yawing moment* dapat saling menghilangkan.



Gambar 2.22 Propeller dengan 2 bilah

(Sumber:<http://www.hobbyking.com/propeller>)

2.5.1 Radio Kontrol

Radio kontrol adalah perangkat elektronika yang digunakan untuk mengatur pergerakan pesawat UAV. Modul radio kontrol terdiri dari sistem *transmitter* dan

receiver. *Transmitter* mengirimkan sinyal kontrol menuju *receiver* melalui *channel* yang dimiliki secara *wireless*.

Remote control adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mengoperasikan pesawat tanpa awak dari jarak jauh. *Remote* juga menjadi bagian yang berinteraksi langsung dengan pengguna untuk memberikan sinyal perintah-perintah untuk menggerakkan pesawat terbang tanpa awak dalam arah gerakan arah naik, turun, maju, mundur, kiri dan kanan.

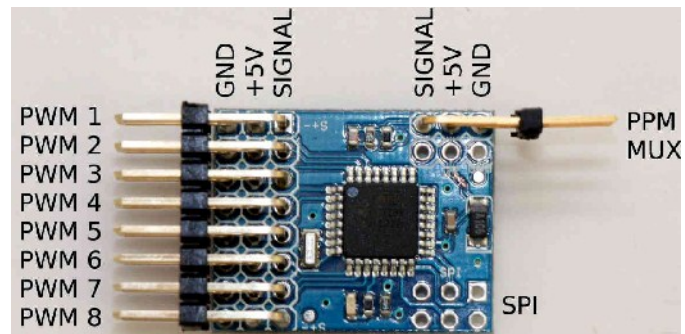
Joystik pada *transmitter* mewakili perubahan sinyal yang akan dipancarkan. *Receiver* yang terpasang pada badan pesawat UAV akan menangkap sinyal kontrol dan diimplementasikan oleh motor *brushless* dan servo di pesawat. Radio kontrol yang digunakan adalah futaba T6EX yang mempunyai 6 *channel*.



Gambar 2.23 Radio kontrol tipe futaba T6EX

2.5.2 PPM Encoder

PPM *encoder* ini akan mengkodekan input PWM biasa menjadi output PPM tunggal. Hal ini memungkinkan untuk menggabungkan hingga 8 channel dari penerima remot kontrol untuk input PPM tunggal untuk controller penerbangan atau proyek elektronik, dengan menggunakan processor ATMEL ATmega328P AVR. Dengan begitu kita tidak perlu membutuhkan banyak pin input pada mikrokontroler arduino mega.



Gambar 2.23 PPM *encoder*

(Sumber: <http://ardupilot.org/plane/docs/common-pixhawk-and-px4-compatible-rc-transmitter-and-receiver-systems.html>)