

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Arunika Aviation*

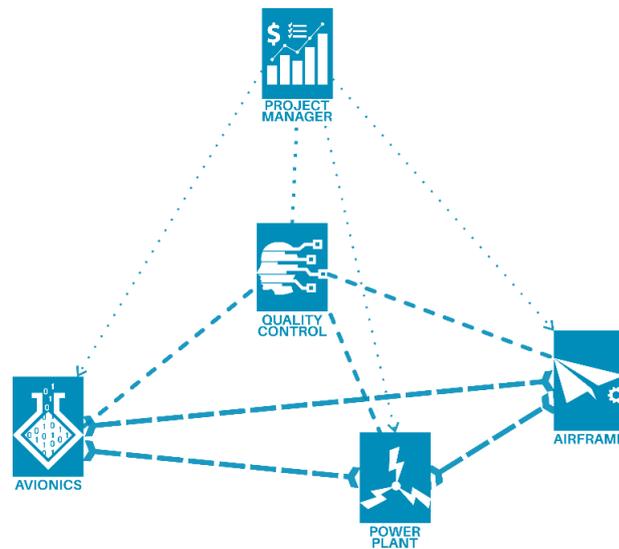
*Arunika Aviation* merupakan sebuah komunitas mahasiswa di Politeknik Negeri Sriwijaya yang mendesain pesawat elektrik. Komunitas ini berdiri pada bulan Desember 2018 yang beranggotakan delapan mahasiswa jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya. *Arunika Aviation* atau disingkat Aruvia terinspirasi dari perusahaan *start up* internasional yang telah terlebih dahulu melakukan riset dan pengembangan konsep yang disebut *Urban Air Mobility* seperti Liliun Jet dan Autonomous Flight. Konsep ini menawarkan sebuah sistem transportasi udara bagi penumpang dan kargo secara otomatis tanpa adanya seorang pilot.



**Gambar 2.1** Logo Arunika Aviation (Aruvia,2019)

Konsep yang dikembangkan oleh Aruvia diharapkan dapat menjadi solusi bagi permasalahan –permasalahan seperti kemacetan dan polusi udara yang terjadi di daerah perkotaan. Pada tahapan berikutnya diharapkan terbentuk *start up* Indonesia yang dapat bersaing dengan *start up* dunia dalam bidang UAV.

Dalam melakukan riset dan pengembangan konsep *Urban Air Mobility*, Aruvia menggunakan referensi teknik dasar membangun pesawat, dinamika terbang pesawat, dan pengembangan *Unmanned Air Vehicle*. Dalam melakukan riset, dibentuk kelompok –kelompok belajar agar dapat lebih memahami konsep perencanaan yang dibutuhkan dalam pembangunan rancangan pesawat.



**Gambar 2.2** Spesialisasi Keanggotaan Arunika Aviation, (Aruvia,2019)

### 2.1.1 Verpoly

Veroly merupakan sebuah desain pesawat yang dibuat dan dikembangkan oleh Arunika Aviation. *Vertical take off and landing* (VTOL) merupakan konsep dari pesawat verpoly yang memungkinkan pesawat dapat lepas landas dan mendarat secara vertikal sehingga memiliki fleksibilitas karena tidak membutuhkan landasan pacu yang besar.

Pengembangan konsep pesawat listrik verpoly ini seiring dengan perkembangan motor listrik dan baterai yang semakin baik serta perkembangan kecerdasan buatan yang terdapat dalam mikrokontroler seperti ardupilot dan pixhawk yang memungkinkan pesawat verpoly dapat terbang secara otomatis tanpa dibutuhkannya seorang pilot. Tanpa adanya beban pilot diharapkan beban dapat digantikan untuk kebutuhan penumpang dan logistik.



Gambar 2.3 Infografis Verpoly (Aruvia, 2019)

Konsep pesawat verpoly ini pernah mendapatkan penghargaan internasional dalam kompetisi *Green Concept Award 2020 incorporated with IKEA Stiftung* yang diikuti oleh 1463 peserta, 52 negara, dan 6 benua dengan mendapatkan penghargaan sebagai pemenang pada kategori

mobilitas tingkat mahasiswa di Berlin 13 Maret 2020. Penghargaan yang diberikan atas ide dan konsep yang mengedepankan masa depan yang hijau dan berkelanjutan.

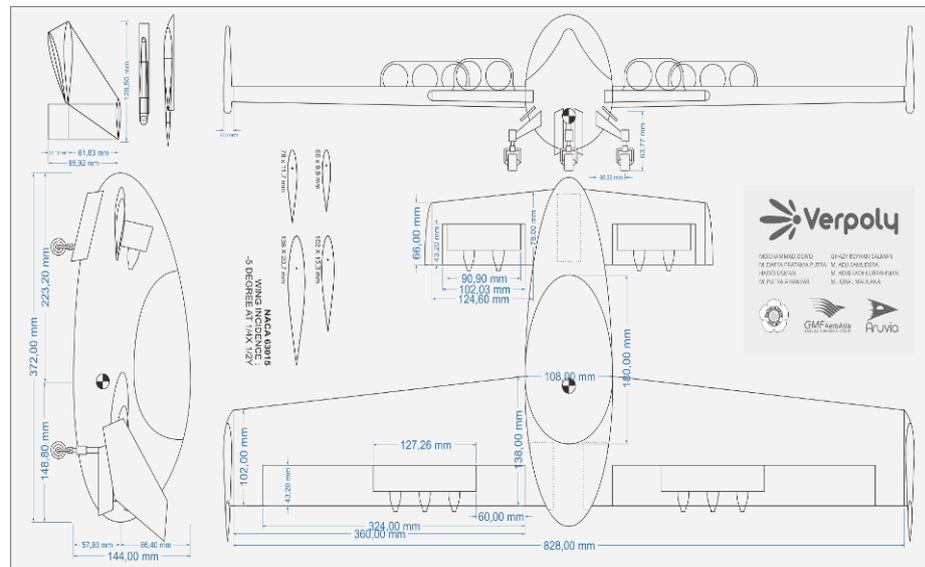


**Gambar 2.4** Ilustrasi Pesawat Verpoly (Aruvia, 2019)

### 2.1.2 Prototipe Verpoly 1 : 8,333

Sebagai bentuk pengujian terhadap hasil rancangan pesawat verpoly, maka dibuat sebuah prototipe dengan ukuran dimensi yang lebih kecil dari ukuran aslinya. Prototipe pesawat verpoly dibuat dengan skala 1 : 8,33 dari ukuran asli dengan sistem – sistem yang seharusnya ada pada ukuran rancangan sebenarnya. Sistem diharapkan dapat bekerja sesuai rancangan sehingga dapat menjadi referensi bagi pengembangan perancangan pesawat verpoly.

Protipe pesawat verpoly ini menggunakan *electric ducted fan* ukuran 30 mm sebagaai penghasil gaya angkat dan gaya dorong dan menggunakan modul mikrokontroller *autopilot* pixhawk 4 agar prototipe pesawat verpoly dapat bekerja secara *autopilot* serta menggunakan Qground Control sebagai *interface* untuk membuat dan memonitor parameter – parameter pada prototipe pesawat verpoly.



**Gambar 2.5** Prototipe Pesawat Verpoly Skala 1 : 8,333

## 2.2 Sistem – Sistem pada Pesawat

### 2.2.1 Air Data Navigation System

Sistem data udara adalah sistem yang dapat menunjukkan informasi kecepatan (*airspeed*), ketinggian (*altitude*), dan laju kenaikan (*rate of climb*) pesawat terbang. Sensor yang digunakan pada sistem data udara berupa *pitot tube*. Pada *pitot tube* biasanya terdapat lubang kecil di sekitar bagian *pitot tube* yaitu *static tube* atau lubang – lubang kecil di bagian samping badan pesawat sebagai titik netral aerodinamis yang disebut juga *static port*.

Data udara yang berasal dari tabung pitot disebut tekanan dinamis atau tekanan udara pitot. Sedangkan, data udara yang berasal dari *static port* disebut tekanan statis atau tekanan udara sekitar pesawat. Tekanan udara total adalah tekanan udara statis ditambah dengan tekanan udara pitot.

Tekanan udara pitot dan tekanan udara statis yang masuk pada komponen sensor akan menggerakkan diafragma yang berada pada sistem transduser tekanan listrik. Isyarat – isyarat yang dihasilkan oleh transduser akan masuk ke mikroprosesor atau komputer lalu diperkuat dengan rangkaian amplifier. Data analog akan masuk ke air data komputer untuk dikonversi menjadi data digital sehingga dapat ditampilkan pada

indikator. *Display* dari *air data system* berupa instrumen altimeter, *airspeed* indikator, *rate of climb indicator* dan mach meter.

### 2.2.2 *Aircraft Attitude System*

*Aircraft attitude system* adalah sistem yang menampilkan keadaan atau sifat pesawat berdasarkan sumbu – sumbu. Sistem ini menunjukkan keadaan pesawat tersebut dalam keadaan level atau dalam kondisi beberapa derajat dari sumbunya. Sensor yang digunakan untuk mendeteksi *attitude* pesawat disebut *Inertial Measurement Unit* (IMU).

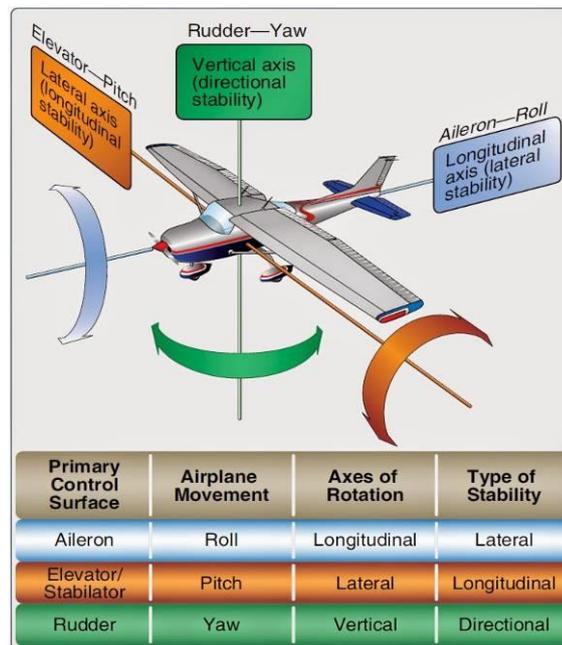
*Inertial Measurement Unit* adalah perangkat elektronik yang mampu mengukur dan melaporkan akselerasi, arah, besar sudut dan akibat gaya gravitasi lainnya. IMU terdiri dari 3 *accelerometer*, 3 *gyroscope*, dan 3 *magnetometer*. Masing – masing sumbu mewakili tiga pergerakan pesawat yaitu *roll*, *yaw*, dan *pitch*.

### 2.2.3 *Flight Control System*

*Flight Control System* adalah adalah sistem yang mengontrol pergerakan pesawat akibat dari gerakan flight control. *Flight control system* pada pesawat terbagi menjadi *primary flight control* dan *secondary flight control*.

*Primary flight control* terdiri dari elevator, aileron, dan rudder yang dibutuhkan untuk mengontrol pesawat secara aman selama di udara. *Secondary flight control* terdiri dari flap, leading edge, spoiler, dan sistem trim yang dibutuhkan untuk meningkatkan performa terbang pesawat dan membantu kerja pilot.

Adapun terdapat kombinasi antar *flight control* seperti flaperon, elevon, dan elevon. Flaperon merupakan kombinasi dari flap dan aileron yang dapat bergerak secara berlawanan sehingga berfungsi sebagai aileron pada umumnya dan bergerak secara searah sehingga berfungsi sebagaimana flap.



Gambar 2.6 Flight Control

#### 2.2.4 Power Management System

*Power Management System* adalah sebuah sistem yang berfungsi mengendalikan, mengevaluasi, dan mengawasi seluruh proses dalam suatu alat yang berkaitan dengan sistem daya atau power system.

Peralatan yang digunakan pada *power management system* adalah *power management board*. Baterai sebagai energi utama pada sistem rancangan pesawat verpoly dikontrol dan dimonitoring selama beroperasi menyalurkan energi listrik ke setiap peralatan yang terdapat pada sistem pesawat.

Pada *power management system* ini akan melakukan fungsi pengontrolan daya selama proses – proses tahapan pada pergerakan pesawat.

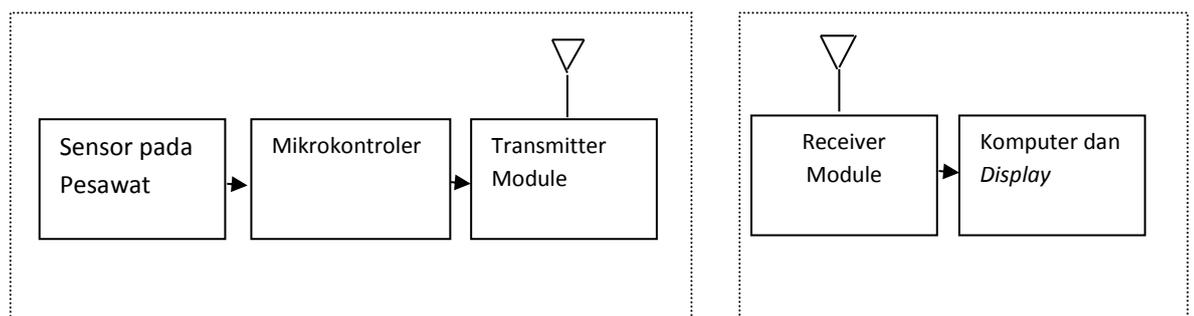
#### 2.2.5 Telemetry Monitoring System

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia arti kata pemantauan atau monitoring adalah proses mengamati, mengecek sesuatu untuk tujuan khusus. Menurut Calyton dan Petry 1983

monitoring adalah suatu proses mengukur, mencatat, memproses, dan mengkomunikasikan informasi untuk pengambilan keputusan manajemen program atau proyek.

Jadi dapat disimpulkan bahwa monitoring atau pemantauan adalah proses pengawasan terhadap sesuatu yang telah diprogram sebelumnya untuk memeriksa apakah program tersebut berjalan sesuai yang telah diprogramkan.

Telemetri adalah proses pengukuran parameter suatu benda yang hasil pengukurannya dikirimkan ke tempat lain melalui proses pengiriman data baik dengan menggunakan kabel maupun tanpa kabel. Sistem telemetri terdiri dari pembagian pendukung yaitu objek, sensor, pemancar, saluran transmisi, penerima, dan *display*.



**Gambar 2.7** Blok Diagram Sistem Telemetri

### 2.3 *Global Positioning System*

GPS adalah singkatan dari *Global Positioning System* yang merupakan sistem untuk menentukan posisi dan navigasi global dengan menggunakan satelit. Sistem ini dikembangkan oleh departemen pertahanan amerika untuk kepentingan sipil dan militer.

Sistem GPS nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (Navigation, Satellite, Timing, and Ranging Global Positioning System). GPS memiliki tiga segmen yaitu satelit, pengontrol dan penerima/*receiver*.

#### A. Satelit

Satelit bertugas untuk menerima data dari pengontrol dan menyimpan data yang ditransmisikan oleh stasiun pengontrol dan menyampaikan informasi secara kontinu ke pesawat penerima atau receiver. Terdapat 24 satelit yang mengorbit bumi dengan posisi yang tetap, 21 satelit aktif dan 3 satelit cadangan.

#### B. Pengontrol

Bertugas untuk mengontrol satelit dari bumi baik untuk mengecek kesehatan satelit, penentuan dan prediksi orbit waktu, sinkronisasi antar satelit dan pengiriman data ke satelit.

#### C. Penerima/Receiver

Bertugas untuk menerima data dari satelit dan memprosesnya untuk menentukan posisi (posisi tiga dimensi yaitu koordinat bumi plus ketinggian), arah, jarak, dan waktu yang diperlukan oleh pengguna.

Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah dengan perhitungan jarak secara bersama – sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya diketahui) sekaligus. Untuk menentukan posisi suatu titik di permukaan bumi, setidaknya *receiver* membutuhkan 4 satelit yang sinyalnya ditangkap dengan baik. Secara *default* posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi pada Global Datum yaitu World Geodetic System 1984 atau disingkat WGS' 84.

Setiap satelit GPS secara kontinu memancarkan sinyal-sinyal gelombang pada 2 frekuensi L-band yang dinamakan L1 and L2. Sinyal L1 berfrekuensi 1575.42 MHz dan sinyal L2 berfrekuensi 1227.60 MHz. Sinyal L1 membawa 2 buah kode biner yang dinamakan kode-P (P-code, *Precise or Private code*) dan kode-C/A (C/A-code, *Clear Access or Coarse Acquisition*), sedangkan sinyal L2 hanya membawa kode-C/A. Perlu dicatat bahwa pada saat ini kode-P telah dirubah menjadi kode-Y yang strukturnya dirahasiakan untuk umum. Dengan mengamati sinyal-sinyal dari satelit dalam jumlah dan waktu yang cukup, seseorang kemudian dapat memrosesnya untuk mendapatkan informasi mengenai posisi, kecepatan, dan waktu, ataupun parameter-parameter turunannya.

Pada dasarnya konsep dasar penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi tiga

dimensi (X,Y,Z ataupun L,B,h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*World Geodetic System*) 1984. Dengan GPS, titik yang akan ditentukan posisinya dapat diam (*static positioning*) ataupun bergerak (*kinematic positioning*). Posisi titik dapat ditentukan dengan menggunakan satu *receiverr* GPS terhadap pusat bumi dengan menggunakan metode *absolute (point) positioning*, ataupun terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (*monitor station*) dengan menggunakan metode *differential (relative) positioning* yang menggunakan minimal dua *receiverr* GPS, yang menghasilkan ketelitian posisi yang relatif lebih tinggi. GPS dapat memberikan posisi secara instan (*real-time*) ataupun sesudah pengamatan setelah data pengamatannya di proses secara lebih ekstensif (*post processing*) yang biasanya dilakukan untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik.

Lokasi titik GPS Pemilihan lokasi untuk titik-titik dari suatu jaringan GPS perlu diingat bahwa tidak seperti halnya survei terestris, survei GPS tidak memerlukan saling keterlihatan (*intervisibility*) antara titik-titik pengamat. Yang diperlukan adalah bahwa pengamat dapat 'melihat' satelit (*satellite visibility*). Pada dasarnya lokasi titik GPS dipilih sesuai dengan kebutuhan serta tujuan penggunaan dari titik GPS itu sendiri nantinya. Disamping itu, secara umum lokasi titik GPS, sebaiknya memenuhi persyaratan berikut ini :

- Punya ruang pandang langit yang bebas ke segala arah di atas elevasi 15 derajat0 ,
- Jauh dari objek-objek reflektif yang mudah memantulkan sinyal GPS, untuk meminimalkan atau mencegah terjadinya multipath,
- Jauh dari objek-objek yang dapat menimbulkan interferensi elektris terhadap penerimaan sinyal GPS, - kondisi dan struktur tanahnya stabil,
- Mudah dicapai (lebih baik dengan kendaraan bermotor),
- Sebaiknya ditempatkan di tanah milik negara,
- Ditempatkan pada lokasi dimana monumen/pilar tidak mudah terganggu atau rusak, baik akibat gangguan' manusia, binatang, ataupun alam,
- Penempatan titik pada suatu lokasi juga harus memperhatikan rencana penggunaan lokasi yang bersangkutan di masa depan, dan - titik-titik harus dapat diikatkan minimal ke satu titik yang telah diketahui koordinatnya, untuk keperluan perhitungan, pendefinisian datum, serta penjagaan konsistensi dan homogenitas dari datum dan ketelitian titik-titik dalam jaringan.

Dalam hal ruang pandang ke langit, dua hal harus diperhatikan, yaitu berkaitan dengan lokasi dan ketinggian dari objek-objek yang dapat menghalangi penerimaan sinyal oleh *receiverr* GPS. Lokasi dan ketinggian dari objek-objek ini biasanya digambarkan dalam bentuk suatu diagram yang dinamakan diagram obstruksi (lihat Gambar F.10). Diagram ini nantinya akan digabungkan dengan diagram penampakan satelit (*satellite polar plot*) untuk mengetahui jumlah satelit yang dapat diamati dari lokasi yang bersangkutan serta juga untuk menentukan selang waktu pelaksanaan pengamatan yang tepat.

Ada satu parameter yang penting diketahui, yaitu yang biasa dinamakan *mask angle*. *Mask angle* ini, yang merupakan salah satu parameter yang harus ditentukan oleh pengguna dalam pengoperasian *receiverr* GPS, adalah sudut elevasi minimum dari satelit yang akan diamati oleh *receiverr* GPS. Satelit dengan elevasi lebih kecil dari *mask angle*, tidak akan diamati oleh *receiverr* GPS.

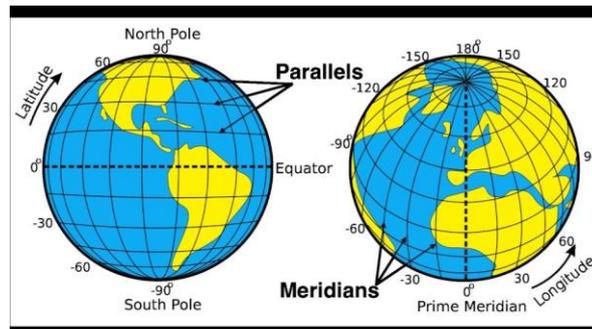
Besarnya *mask angle* yang digunakan akan menentukan jumlah satelit yang teramati, dan dalam hal ini semakin besar *mask angle* yang digunakan maka akan semakin sedikit jumlah satelit yang akan teramati teramati. Dalam survei GPS besarnya *mask angle* yang umum digunakan adalah 10 derajat atau 15 derajat. *Mask angle* yang terlalu kecil sebaiknya dihindari karena data pengamatan dari satelit-satelit yang berelevasi rendah, relatif akan lebih dipengaruhi oleh refraksi ionosfir dan troposfir, lebih mudah terkontaminasi oleh *multipath*, dan juga level derau (*noise*) nya umumnya lebih tinggi. Dalam pencarian lokasi untuk titik GPS yang tepat, besarnya *mask angle* yang akan digunakan tersebut harus dipertimbangkan terutama dalam kaitannya dengan ketinggian dari objek-objek yang dapat menyebabkan obstruksi sinyal pada lokasi yang bersangkutan. Berkaitan dengan *multipath*, maka lokasi dari titik GPS sebaiknya dijauhkan dari objek-objek yang dapat memantulkan sinyal sehingga menyebabkan *multipath*, seperti jalan raya, gedung, danau, tambak, dan kendaraan. *Multipath* adalah fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Dalam hal ini satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda di sekitar antena sebelum tiba di antena. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antena yang pada akhirnya menyebabkan kesalahan pada hasil pengamatan.

Lokasi yang akan dipilih untuk titik-titik GPS juga sebaiknya juga relatif dijauhkan dari objek-objek yang dapat menimbulkan interferensi elektrik terhadap penerimaan sinyal GPS, seperti stasion pemancar gelombang mikro, radio repeater, dan kabel listrik tegangan tinggi

### 2.3.1 Sistem Koordinat pada GPS

“Sistem koordinat adalah suatu kesatuan yang dibentuk sedemikian rupa dalam menyatakan letak atau posisi obyek yang tidak tergantung pada obyek lainnya”. Akibatnya, dapat dikatakan bahwa sistem koordinat terdiri dari beberapa komponen pembentuk yang bersatu dengan aturan atau tata cara tertentu.

#### Latitude(N,S) & Longitude(E,W)



**Gambar 2.8** Sistem Koordinat GPS

Pada dasarnya, hal pertama yang perlu diperhatikan pada sistem koordinat adalah :

- a. Bidang acuan hitungan yang digunakan, dapat berupa bidang datar dan bidang lengkung (baik permukaan bola atau ellipsoid)
- b. Peletakan (penempatan) garis atau bidang referensi koordinat, yaitu :
  - 1) Pernyataan/pendefinisian garis atau bidang referensi koordinat (berikutnya disebut sebagai sumbu)
  - 2) Letak pusat koordinat
  - 3) Orientasi/arrah sumbu koordinat
- c. Tata cara menyatakan posisi obyek, dijabarkan dalam :
  - 1) Besaran yang digunakan, yaitu besaran untuk jarak dan/atau sudut
  - 2) Satuan skala yang digunakan (mengingat “panjang” skala sumbu koordinat dapat berbeda)

3) Banyaknya (jumlah) sumbu yang digunakan yang menyatakan pula dimensi posisi obyek Berdasarkan uraian diatas, maka terdapat beberapa jenis koordinat yaitu sistem koordinat 2D (bidang) dan 3D (ruang).

Berikut merupakan jenis-jenis sistem koordinat ditinjau dari satuan yang digunakan dalam menyatakan koordinat obyek [Sudomo, Agus S. dan Sudarman, 2004] :

a. Sistem Koordinat Polar

- 1) Bidang acuannya adalah bidang datar
- 2) Menerapkan aturan garis lurus antar obyek
- 3) Besaran yang digunakan adalah besaran sudut dan panjang (jarak)
- 4) Menetapkan satu garis lurus (arah tetap) sebagai acuan sudut ke obyek lain
- 5) Koordinat obyek dinyatakan relatif terhadap (dari) suatu obyek tertentu

b. Sistem Koordinat Cartesian (2D ataupun 3D)

- 1) Bidang acuan hitungan adalah bidang datar, baik 2D ataupun 3D
- 2) Menerapkan aturan garis lurus sebagai sumbu (garis acuan)
- 3) Setiap sumbu diletakkan saling tegak lurus
- 4) Besaran yang digunakan hanya besaran panjang (jarak)

c. Sistem Koordinat Cassini (Kurva Linier)

- 1) Bidang acuan hitungan adalah bidang lengkung (bola atau ellipsoid)
- 2) Menerapkan aturan garis lengkung sebagai sumbu pada permukaan bidang hitungan
- 3) Setiap sumbu diletakkan saling tegak lurus
- 4) Besaran yang digunakan hanya besaran jarak sferis (pada bola) atau jarak irisan normal utama (pada ellipsoid)

Pada prinsipnya nama sistem koordinat ini dikaitkan dengan jenis yang berbeda. Nama-nama sistem koordinat dibawah ini telah umum digunakan dalam masalah Geodesi. Dalam hal ini terdapat 2 model koordinat yang dapat dibedakan secara tegas, yaitu :

1. Sistem Koordinat Relatif, yaitu suatu obyek dinyatakan relatif terhadap obyek lain yang berbeda-beda/berganti-ganti
2. Sistem Koordinat Absolut, yaitu semua obyek dinyatakan relatif terhadap obyek yang tetap (dalam hal ini adalah titik pusat koordinat)

Walaupun demikian, terdapat model “kembangan” yang menjadi suatu sistem koordinat pula, seperti Sistem Koordinat Polar.

3. Sistem Koordinat Geosentrik, merupakan sistem koordinat Kartesian 3D dengan rincian sebagai berikut :

- a) Pusat salib sumbu (pusat ellipsoida) diletakkan pada pusat massa bumi
- b) Sumbu ke 3 (sb Z) tepat/berimpit dengan sumbu putar bumi
- c) Sumbu ke 1 (sb X) merupakan garis potong bidang meridian melalui Greenwich dengan ekuator
- d) Sumbu ke 2 (sb Y) merupakan garis potong bidang meridian  $90^\circ$  Timur Greenwich dengan ekuator

4. Sistem Koordinat Toposentrik, merupakan sistem koordinat Kartesian 3D dengan rincian sebagai berikut :

- a) Pusat salib sumbu diletakkan pada tempat pengamatan
- b) Sumbu ke 3 (sb Z) tepat/berimpit dengan garis normal menuju titik Zenith
- c) Sumbu ke 2 (sb Y) merupakan garis singgung meridian tempat pengamat menuju utara geodetik
- d) Sumbu 1 (sb X) merupakan garis singgung irisan normal utama tempat pengamat

5. Sistem Koordinat Geodetik, merupakan sistem koordinat Kurva Linier pada permukaan ellipsoid dengan rincian sebagai berikut :

- a) Bidang acuan “mendatar” adalah ekuator
- b) Bidang acuan “tegak” adalah bidang meridian melalui Greenwich
- c) Besaran koordinat dinyatakan sebagai : – Bujur : sudut yang dibentuk antara bidang meridian melalui Greenwich sampai dengan bidang melalui titik yang dimaksud, positif ke timur s/d  $180^\circ$  – Lintang : sudut yang dibentuk antara bidang/garis normal melalui titik yang dimaksud sampai dengan ekuator, positif ke utara s/d  $90^\circ$

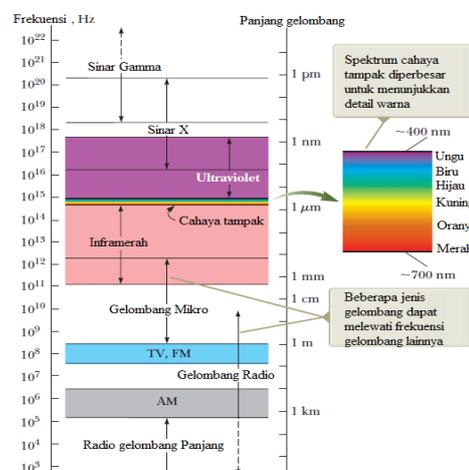
6. Sistem Koordinat Astronomik, merupakan sistem koordinat Kurva Linier pada permukaan bola dengan rincian sebagai berikut :

- a) Bidang acuan “mendatar” adalah ekuator
- b) Bidang acuan “tegak” adalah bidang meridian melalui Greenwich
- c) Besaran koordinat dinyatakan sebagai : – Bujur : sudut yang dibentuk antara bidang meridian melalui Greenwich sampai dengan bidang melalui

titik yang dimaksud, positif ke timur s/d  $180^\circ$  – Lintang : sudut yang dibentuk antara bidang/garis normal melalui titik yang dimaksud sampai dengan ekuator, positif ke utara s/d  $90^\circ$ .

## 2.4 Gelombang Radio

Gelombang didefinisikan sebagai getaran yang merambat. Gerak gelombang dapat dipandang sebagai perpindahan momentum dari satu titik ke titik lain tanpa adanya perpindahan materi. Berdasarkan arah rambatnya, gelombang dibagi menjadi dua yaitu gelombang transversal dan gelombang longitudinal. Gelombang transversal adalah gelombang dengan arah gangguan yang tegak lurus dengan arah rambatannya. Gelombang longitudinal adalah gelombang dengan arah gangguan yang sejajar dengan arah rambatannya. Berdasarkan mediumnya, gelombang terbagi menjadi dua, yaitu gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik. Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium sebagai tempat merambat. Contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada tali. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang energi dan momentumnya dibawa oleh medan listrik (E) dan medan magnet (B) yang dapat menjalar melalui vakum atau tanpa membutuhkan medium perambatannya. Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, sinar X, sinar gamma, mikro gelombang radio dan lain-lain. Berbagai gelombang elektromagnetik hanya berbeda dalam panjang gelombang dan frekuensinya.



**Gambar 2.9** Spektrum Gelombang Elektromagnetik

Gelombang radio merupakan jenis gelombang elektromagnetik dan gelombang transversal. Gelombang radio memiliki rentang frekuensi dari 3 Hz – 3000 Ghz.

#### 2.4.1 Jenis – Jenis Gelombang Radio

Berdasarkan frekuensinya, gelombang radio dikelompokkan menjadi beberapa jenis. Yaitu :

Tabel 2.1 Tabel Frekuensi Gelombang

<b>Frekuensi</b>	<b>Panjang Gelombang</b>	<b>Nama Band</b>	<b>Singkatan</b>
3Hz–30 Hz	$10^4 - 10^5$ km	<i>Extremely Low Frequency</i>	ELF
30Hz–300 Hz	$10^3 - 10^4$ km	<i>Super Low Frequency</i>	SLF
300Hz – 3000 Hz	$100 - 10^3$ km	<i>Ultra Low Frequency</i>	ULF
3KHz – 30 KHz	10 – 100 km	<i>Very Low Frequency</i>	VLF
30KHz – 300 KHz	1 – 10 km	<i>Low Frequency</i>	LF
300 KHz – 3 MHz	100 m – 1 km	<i>Medium Frequency</i>	MF
3MHz – 30 MHz	10 – 100 m	<i>High Frequency</i>	HF
30MHz – 300 MHz	1 – 10 m	<i>Very High Frequency</i>	VHF
300 MHz – 3 GHz	10 cm – 1 m	<i>Ultra High Frequency</i>	UHF
3GHz – 30 GHz	1 -10 cm	<i>Super High Frequency</i>	SHF
30GHz – 300 GHz	1 mm – 1cm	<i>Extremely High Frequency</i>	EHF
300GHz – 3000 GHz	0,1 – 1 mm	<i>Tremendously High Frequency</i>	THF

#### 2.4.2 Gelombang Frekuensi UHF

Gelombang Frekuensi UHF merupakan gelombang frekuensi radio dengan rentang frekuensi 300 MHz sampai 30 Ghz . frekuensi UHF dikenal sebagai gelombang desimeter karena memiliki panjang gelombang 10 cm – 1 m. adapun karakteristik pada band frekuensi ini adalah memiliki keunggulan dalam penetrasi bangunan sehingga cocok digunakan pada

daerah yang memiliki kepadatan gedung yang tinggi seperti di perkotaan. Gelombang Frekuensi UHF biasanya dipakai pada siaran televisi maupun komunikasi dua arah pada badan – badan pelayanan publik. Modem radio *narrow band* juga menggunakan frekuensi UHF untuk komunikasi jarak jauh dalam mengawasi dan mengendalikan distribusi listrik.

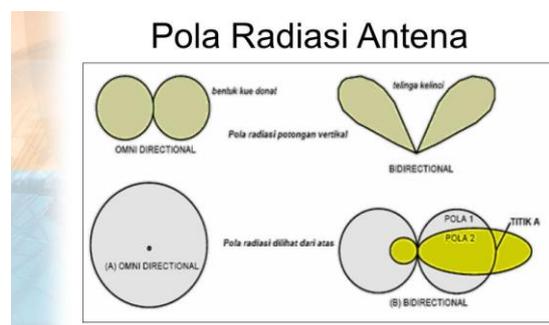
## 2.5 Antena

Antena merupakan perangkat yang penting rangkaian elektronika dalam transmisi sinyal elektromagnetik. Adapun perangkat komunikasi yang bersifat wireless berupa radio, wifi, bluetooth, GPS dan lain sebagainya. Antena merupakan alat yang berfungsi untuk menerima maupun memancarkan sinyal.

Adapun karakteristik antena dapat dilihat dari beberapa parameter berikut :

### 1. Pola radiasi

Pola radiasi adalah penggambaran dari kekuatan sinyal radio yang ditransmisikan atau tingkat penerimaan sinyal yang diperoleh antena pada sudut yang berbeda. Pola radiasi terbagi menjadi dua yaitu omnidireksional dan pola radiasi direksional. Pola radiasi omnidireksional memiliki kekuatan pancaran sinyal radio yang sama di setiap arah. Sedangkan pola radiasi direksional memiliki pola berkas pancaran sinyal radio yang sempit dengan pancaran yang tinggi pada arah tertentu.



**Gambar 2.10** Pola Radiasi Antena

## 2. Keterarahan (*directivity*)

Keterarahan atau direktivitas adalah ukuran konsentrasi radiasi dalam arah maksimum. Direktivitas adalah perbandingan antara intensitas radiasi (daya tiap sudut ruang) pada arah tertentu terhadap intensitas radiasi rata – rata. Semakin besar direktivitas maka lebar intensitas radiasi semakin sempit.

## 3. Polarisasi

Polarisasi diartikan sebagai arah rambat dari medan listrik atau penyebaran vektor sinyal listrik. Polarisasi yang dimaksud di sini adalah orientasi medan listrik dan sinyal radio yang berhubungan dengan permukaan bumi dan kecocokan fisik antenna dengan orientasinya. Mengenali orientasi bermanfaat dalam mengetahui efisiensi maksimum dari transmisi sinyal.

## 4. Gain

Pancaran sinyal radio semakin jauh maka semakin lemah. Melemahnya pancaran sinyal tersebut berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya. Jadi apabila jaraknya menjadi dua kali lipat, maka kuat pancaran sinyal akan menjadi seperempat sinyal sebelumnya. Angka tersebut belum memperhitungkan hambatan lingkungan dalam pemancarannya.

Satuan dari gain adalah decibel untuk menghormati Alexander Graham Bell yang merupakan rasio atau perbandingan antara daya dari dua sumber. Phitungan gain dapat dituliskan sebagai berikut:  $db : \log (P1 : P2)$ .

## 2.6 Transmisi Sinyal Telemetry

Pengiriman data pada sistem telemetry menggunakan gelombang frekuensi radio. Sistem telemetry ini terdiri dari dua komponen pokok yaitu bagian pemancar / *transmitter* dan bagian penerima/*receiver* atau sebuah komponen dapat bertindak sebagai pemancar maupun penerima yang disebut *transceiver*.

Pemancar terdiri dari antena dan modulator. Modulator berfungsi memodulasi informasi menjadi sinyal yang akan ditransmisikan oleh pemancar. Antena sebagai alat yang berfungsi mengubah sinyal listrik menjadi gelombang elektromagnetik yang akan dipancarkan melalui udara.

Sinyal elektromagnetik yang ditransmisikan akan diterima oleh antena penerima lalu diubah menjadi sinyal listrik. Sinyal listrik akan diterima oleh

demodulator sehingga sinyal akan di-demodulasi untuk mendapatkan informasi asli.

## 2.7 RSSI (Received Signal Strength Indicator)

RSSI adalah indikator seberapa besar kuat sinyal yang diterima pada peralatan nirkabel di titik referensi tertentu. RSSI dinyatakan sebagai sebuah rasio daya yang diterima oleh perangkat pada titik referensi tertentu terhadap sebuah node pada titik tertentu yang dapat dituliskan pada persamaan berikut:

$$RSSI = 10x \frac{P_{rx}}{P_{ref}}$$

$P_{rx}$  adalah daya yang diterima oleh *receiver*.  $P_{ref}$  adalah daya yang diterima oleh *receiver* lain pada titik referensi tertentu. RSSI tidak memiliki satuan. Namun jika  $P_{rx}$  dan  $P_{ref}$  dinyatakan dalam satuan dBm, maka perhitungan RSSI dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$RSSI = P_{rx} \text{ (dBm)} - P_{ref} \text{ (dBm)}$$

## 2.8 Derau / Noise

*Noise* adalah suatu sinyal gangguan yang bersifat akustik, listrik, dan elektronis yang hadir dalam suatu sistem rangkaian elektronika dalam bentuk sinyal gangguan yang tidak diinginkan.

Berdasarkan sumber penyebabnya *noise* dibagi menjadi eksternal *noise* dan internal *noise*:

### 2.8.1 Eksternal Noise

Eksternal *noise* adalah *noise* yang dihasilkan dari luar sirkuit atau *noise* yang disebabkan oleh perangkat komunikasi tersebut.

Adapun penyebab eksternal *noise* diantaranya adalah:

#### a. Atmosferik Noise

Atmosferik *noise* adalah *noise* yang disebabkan oleh karakteristik atmosfer. Atmosferik *noise* disebut juga static electricity. *Noise* ini berasal dari kondisi listrik yang bersifat alami seperti kilat dan halilintar. listrik statis menyebar dalam bentuk

impuls yang menyebar dalam bentuk energy sepanjang lebar frekuensi.

b. Ekstraterrestrial *noise*

Ekstraterrestrial *noise* ini disebabkan oleh sinyal elektris dari luar atmosfer bumi. *Noise* ini disebabkan dari radiasi secara sporadis dari galaksi lain maupun matahari.

c. *Man-made noise*

Secara sederhana *noise* ini disebabkan oleh manusia. *Noise* ini sebenarnya disebabkan oleh *spark producing* dari komutator dalam motor listrik, sistem pembakaran pada kendaraan bermotor, alternator, maupun akibat aktivitas *switching* dari manusia. Tegangan dan arus yang berubah secara mendadak ini memuat lebar frekuensi yang cukup besar. Beberapa frekuensi tersebut memancar dan menyebar seperti miniatur antena. Spectrum *noise* ini cenderung besar dan lebar frekuensi yang dapat mencapai 10MHz. *noise* ini cenderung lebih sering terjadi pada daerah metropolitan dan industrial yang padat penduduknya.

### 2.8.2 *Internal Noise*

Internal *noise* juga merupakan aspek yang penting dalam sistem komunikasi. *Noise* ini muncul dari dalam sistem perangkat komunikasi tersebut. Internal *noise* ini dibagi menjadi empat diantaranya:

a. Thermal *Noise*

Thermal *noise* berhubungan dengan perpindahan elektro secara cepat dan acak akibat digitasi secara termal. Perpindahan acak elektron pertama kali dikenal pada tahun 1927 oleh JB. Johnson di Bell Telephone Laboratories. Kekuatan thermal *noise* dibuktikan berbanding lurus dengan bandwidth dan temperature absolut.

b. Impuls *noise*

Impuls *noise* berupa pulsa – pulsa tak beraturan dengan durasi pendek dengan amplitudo yang tinggi, dihasilkan oleh kilat, dan

kesalahan dan cacat dalam sistem komunikasi atau merupakan gangguan kecil untuk data analog karena gangguan elektromagnetik dan menjadi sumber dalam komunikasi data digital, sehingga impuls *noise* mengganggu transmisi data digital.

Untuk menanggulangi *noise* impulse maka perlu dijauhkan dari transmisi medan listrik, menaikkan SNR, dan menggunakan kabel terisolasi.

### c. Crosstalk

*Crosstalk* disebabkan oleh kopel kabel penghubung yang diletakkan secara berdekatan. Seperti *coaxial cable* atau *twisted cable* yang membawa multiple sinyal yang merupakan penghubung sinyal yang tidak diinginkan.

## 2.9 Modul Radio Telemetri V3 915 MHz

Modul radio telemetri merupakan *transceiver* yang digunakan sebagai pengirim dan penerima data berupa sinyal radio. Modul radio telemetri ini memiliki jangkauan 300 m. Data yang dikirim berasal dari sensor – sensor yang ada di pesawat yang akan dikirim oleh transmitter ke *ground controller* yang kemudian akan diterjemahkan sehingga data dapat tampil pada *ground controller* .



**Gambar 2.11** Radio Modul Tranceiver Radio Telemetri

Adapun spesifikasi dari modul radio telemetri adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Spesifikasi *Radio Telemetry Module*

Processing	
Daya keluaran tertinggi	500mW
Sensitifitas penerimaan	-117 dBm
Firmware	Open Source
Tipe komunikasi	Full duplex 2 arah
Transparansi	Continous stream data
Konektor	Konektor RP-SMA
Protokol	MAVlink protocol framing
Dimensi	
Ukuran	28 x 53 x 10.8 mm tanpa antenna
Daya	
Tegangan Masukan	5 Volt
Transmisi Arus	100mA pada 20 dBm
Arus diterima	20mA
Serial Interface	3.3 V UART
Status LED	
LED Hijau berkelip	Mencari sinyal radio
LED Hijau solid	Terhubung
LED merah berkelip	Mentransfer data
LED merah solid	Mode firmware yang di- <i>update</i>

## 2.10 Pixhawk 4

Pixhawk 4 adalah sistem *autopilot* canggih yang dikembangkan oleh PX *open-hardware project* dan diproduksi oleh 3D Robotic atau 3DR. Pixhawk kompatibel digunakan untuk proyek *quadcopter* maupun UAV rakitan.

Mikrokontroler pixhawk 4 merupakan generasi terbaru dari *pixhawk flight controller* yang dikembangkan oleh pixhawk team dan Holybro. Mikrokontroler pixhawk 4 memiliki *flash memory* 2Mb dan RAM 512 Kb. Dengan peningkatan kekuatan dan RAM, pengguna dapat lebih produktif dan efisien dalam mengembangkan proyek. Algoritma yang lebih kompleks dapat diimplementasikan dalam fungsi *autopilot*.



**Gambar 2.12** Flight Controller Pixhawk 4

Dua bus SPI eksternal dan enam *associated chip select line* memberikan fasilitas untuk sensor tambahan dan *SPI-interface payload*. Total ada 4 I2C bus yaitu 2 untuk penggunaan eksternal dan 2 grup dengan serial port untuk GPS/modul compass.

Spesifikasi teknis :

Prosesor : STM32F765

- 32 Bit Arm ® Cortex® -M7, 216MHz, 2MB memory, 512KB RAM
- IO Processor: STM32F100 - 32 Bit Arm ® Cortex® -M3, 24MHz, 8KB SRAM

Sensor yang terdapat dalam pixhawk

- Accelerometer/Giroskop: ICM-20689
- Accelerometer/Giroskop: BMI055
- Magnetometer: IST8310
- Barometer: MS5611
- GPS: ublox Neo-M8N GPS/GLONASS receiver

Antarmuka

- 8-16 PWM servo outputs (8 from IO, 8 from FMU)
- 3 PWM/Capture inputs on FMU
- Masukan R/C untuk CPPM
- Masukan R/C untuk Spektrum / DSM dan S.Bus dengan masukan analog / PWM RSSI input

Keluaran servo S.Bus

- 5 serial port universal
  - dengan 2 pengontrol arus
  - dengan 1 pembatas arus 1,5 A terpisah
  - Port I2C
  - 4 bus SPI

- 1 sensor SPI dengan 4 chip internal dan 4 DRDY
- 1 bus SPI internal low *noise* internal
- Barometer dengan 2 chip terpilih, tanpa DRDYs
- 1 SPI bus internal untuk FRAM
- 1 SPI buses eksternal
- Masing – masing CAN Bus mempunyai control individu atau control ESC RX-MUX
  - Input analog untuk tegangan / arus dari 2 baterai
  - 2 tambahan input analog

Data elektrik:

- Keluaran Power module: 4.9~5.5V
- Tegangan input maksimal: 6V
- Deteksi maksimal arus 120A
- Tegangan masukan USB : 4.75~5.25V
- Tegangan input Servo : 0~36V

### 2.11 TF mini lidar

Lidar (*Light Distance and Ranging*) adalah sebuah teknologi yang memanfaatkan sinar laser untuk menghitung jarak suatu objek. Jarak yang terukur pada TF mini lidar dikirim ke mikrokontroler dengan cara komunikasi serial. TF mini lidar bekerja berdasarkan prinsip ToF (*Time of Flight*). Lidar akan mentransmisikan gelombang laser. Laser adalah sebuah instrumen yang menghasilkan radiasi yang kuat berupa cahaya dengan cara mengalirkan arus kuat pada material cahaya berupa argon, carbon dioxide, helium, neon, ruby dan material lainnya. Gelombang yang dihasilkan akan merefleksikan cahaya ketika mengenai suatu benda. Lidar akan menghitung waktu dengan cara menghitung perbedaan sudut kedatangan cahaya dan kemudian menghitung jarak relative antara Lidar dan benda.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Tfmini Lidar

Spesifikasi	
Rentang operasi	0,3m – 12m
Rentang operasi maksimum pada reflektivitas 10 %	5 m
Konsumsi daya rata – rata	0,12 W
Rentang pemakaian tegangan	4,5 V – 6 V
Rasio resolusi minimal	5 mm
Frekuensi	100 Hz
Akurasi pengujian	1 % pada jarak dibawah 6m dan 2% pada jarak 6m – 12 m
Dimensi	45 mm x 15 mm x 16 mm
<i>Anti-ambient light</i>	70.000 lux

### 2.12 Ublox Neo – M8 GNSS Module

Modul ini merupakan modul pendeteksi posisi yang digunakan di dunia industri. Modul ini dapat bekerja menerima empat sistem GNSS (*Global Navigation Satellite System*) secara bersamaan yaitu GPS, Galileo, Beido dan GLONASS dan dapat memberikan data posisi dengan akurat meskipun pada daerah dengan sinyal yang lemah. Modul ini akan menerima sinyal dan parameter orbital dari satelit – satelit sehingga menghitung lokasi yang tepat penggunanya

**Gambar 2.13** Modul GPS Ublox Neo-M8**Tabel 2.4** Spesifikasi Modul Ublox Neo – M8 GNSS

Fitur	
Tipe Receiver	72 Channel u blox M8 GPS/QZSSL1 C/A, GLONASS L10F Beidou B1I, Galileo E1B/C, SBAB L1 C/A: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
Akurasi Posisi	2.0 m
Akuisi <i>Cold Start</i> <i>Hot Start</i>	26 s 2 s

Re-akuisisi	1 s
Sensitivitas Jelajah dan navigasi <i>Cold Start</i> <i>Hot Start</i>	-167 dBm - 148 dBm -157 dBm
Odometer	Terintegrasi pada <i>filter</i> navigasi
Data Logger	Posisi, kecepatan, waktu, dan data odometer
Data Elektrikal	
<i>Power Supply</i>	1,65 V – 3,6 V
Konsumsi daya	21 mA @ 3.0 V (aktif secara terus menerus) 5.3 mA @ 3.0 <i>power save mode</i>
Backup Supply	1.4 V - 3.6 V

### 2.13 Baterai

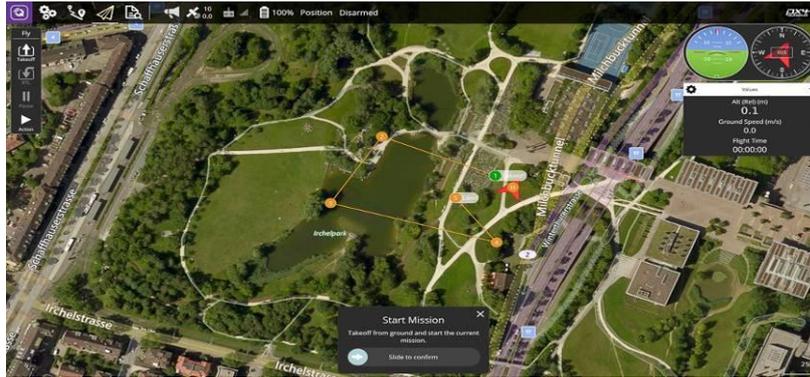
Baterai berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang berfungsi sebagai sumber energi untuk peralatan listrik. Penggunaan baterai tergantung pada kebutuhan peralatan listrik yang dibutuhkan. Pada penelitian dan perancangan pesawat listrik, robotika, dan drone baterai yang biasanya dipilih adalah baterai Lithium Polimer karena *rechargeable*, bentuk dan ukuran kecil, *discharge rate* yang tinggi, dan penyimpanan yang cukup besar.

### 2.14 Qground Control

*Qground Control* adalah sebuah *software* yang menyediakan fasilitas pengaturan dan kontrol bagi UAV untuk melakukan penerbangan secara mandiri yang memiliki basis mikrokontroler ardupilot dan pixhawk. Adapun fasilitas yang disediakan oleh *Qground Control* adalah sebagai berikut :

1. Memuat *software* ke *autopilot* board yang mengontrol UAV
2. Mengatur dan mengkonfigurasi performa UAV
3. Merencanakan, menyimpan, dan memuat misi ke *autopilot* dengan rute atau *click way-point* pada *google maps* atau aplikasi lain.
4. Mengunduh dan menganalisa catatan misi yang telah dibuat .
5. Melakukan antarmuka *flight simulator* dengan *hardware* UAV.
6. Dengan perangkat telemetri maka dapat dilakukan beberapa hal :

- Memonitor status kendaraan UAV selama dalam pengoperasian
- Merekam catatan telemetri yang mengandung informasi – informasi pada *autopilot* board
- Melihat dan menganalisa catatan telemetri.



**Gambar 2.14** Tampilan Qground Control