**RANCANG BANGUN *DRONE UAV HEXACOPTER* PENYEMPROT CAIRAN PESTISIDA OTOMATIS**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana*

*Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika Fakultas Teknik*

*Universitas Negeri Padang*



**Oleh :**

**JAMIL FEBRIAN**

**NIM. 19065010**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRONIKA**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELETRONIKA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI PADANG**

**2023**

# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI i](#_Toc144980254)

[DAFTAR GAMBAR ii](#_Toc144980255)

[DAFTAR TABEL iv](#_Toc144980256)

[BAB I](#_Toc144980257) [PENDAHULUAN 1](#_Toc144980258)

[A. Latar Belakang 1](#_Toc144980259)

[B. Identifikasi Masalah 4](#_Toc144980260)

[C. Pembatasan Masalah 4](#_Toc144980261)

[D. Perumusan Masalah 5](#_Toc144980262)

[E. Tujuan Penelitian 5](#_Toc144980263)

[F. Manfaat Penelitian 5](#_Toc144980264)

[BAB II 7](#_Toc144980265)

[A. *Drone* 7](#_Toc144980266)

[B. Sistem Propulsi dan Elektronik *Drone* 13](#_Toc144980267)

[C. *Ground Controll Station* (GCS) 40](#_Toc144980268)

[D. Penelitian Relevan 46](#_Toc144980269)

[E. Kerangka Konseptual 47](#_Toc144980270)

[BAB III 49](#_Toc144980271)

[A. Jenis Penelitian 49](#_Toc144980272)

[B. Lokasi Penelitian 49](#_Toc144980273)

[C. Prosedur Penelitian 50](#_Toc144980274)

# DAFTAR GAMBAR

[Gambar 1 Hama Tanaman 2](#_Toc143784857)

[Gambar 2 *Drone* Fixed Wing 8](#_Toc143784858)

[Gambar 3 *Drone* Single Rotor 9](#_Toc143784859)

[Gambar 4 *Drone* Multi Rotor 9](#_Toc143784860)

[Gambar 5 Konsep perputaran propeller pada *drone* hexacopter 10](#_Toc143784861)

[Gambar 6 Gerakan dasar pada *Drone* 11](#_Toc143784862)

[Gambar 7 Bagian dan Port Konektor Pixhawk 17](#_Toc143784863)

[Gambar 8 Pixhawk Digital Output dan Input 18](#_Toc143784864)

[Gambar 9 Electronics Speed Controller (ESC) 19](#_Toc143784865)

[Gambar 10 Blok Diagram ESC 19](#_Toc143784866)

[Gambar 11 Brushless DC Motor 20](#_Toc143784867)

[Gambar 12 Stator 22](#_Toc143784868)

[Gambar 13 Rotor 22](#_Toc143784869)

[Gambar 14 Skema Sensing pada Motor BLDC 23](#_Toc143784870)

[Gambar 15 Jenis-jenis Motor Brushless 25](#_Toc143784871)

[Gambar 16 Power Distribution Board 26](#_Toc143784872)

[Gambar 17 Li-Po Battery 27](#_Toc143784873)

[Gambar 18 Rating Lipo Battery 28](#_Toc143784874)

[Gambar 19 Global Positioning Systems (GPS) 30](#_Toc143784875)

[Gambar 20 Konfigurasi SE100 32](#_Toc143784876)

[Gambar 21 Indikator Led pada GPS 34](#_Toc143784877)

[Gambar 22 Kabel Konektor GPS to Pixhawk 35](#_Toc143784878)

[Gambar 23 Arah dan port konektor GPS module to Pixhawk 35](#_Toc143784879)

[Gambar 24 Bagian-bagian Radio Telemetry module 37](#_Toc143784880)

[Gambar 25 Konektor telemetri ke Pixhawk 39](#_Toc143784881)

[Gambar 26 Menghubungkan radio telemetri ke PC 39](#_Toc143784882)

[Gambar 27 Radio Control System 40](#_Toc143784883)

[Gambar 28 Menghubungkan Receiver ke Pixhawk 42](#_Toc143784884)

[Gambar 29 Buzzer / Tone Alarm 43](#_Toc143784885)

[Gambar 30 Menyambungkan Buzzer ke Pixhawk 43](#_Toc143784886)

[Gambar 31 Safety switch ke Pixhawk 44](#_Toc143784887)

[Gambar 32 Tampilan Mission Planner 46](#_Toc143784888)

[Gambar 33 Menghubungkan Mission Planner ke Ardupilot 46](#_Toc143784889)

[Gambar 34 Tombol Connect Mission Planner 47](#_Toc143784890)

[Gambar 35 Tombol Connect Mission Planner 47](#_Toc143784891)

[Gambar 36 Heads-up Display (HUD) 48](#_Toc143784892)

[Gambar 37 Tampilan Rencana Penerbangan 49](#_Toc143784893)

[Gambar 38 Kerangka Konseptual 53](#_Toc143784894)

[Gambar 39 Flowchart Alur Penelitian 55](#_Toc143784895)

[Gambar 40 Tampilan desain alat 56](#_Toc143784896)

[Gambar 41 Diagram Blok Sistem 57](#_Toc143784897)

[Gambar 42 Wiring Diagram Sistem 58](#_Toc143784898)

[Gambar 43 Bagian dan Tata Letak Komponen *Drone* 58](#_Toc143784899)

[Gambar 44 Mapping Perencanaan misi 60](#_Toc143784900)

[Gambar 45 Tabel Perintah Perencanaan misi 60](#_Toc143784901)

# DAFTAR TABEL

[Tabel 7 Status bunyi pada buzzer 44](#_Toc143784902)

# BAB I

# PENDAHULUAN

1. **Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satunya pada bidang pertanian yang menjadi mata pencarian bagi masyarakat Indonesia (Kusumaningrum, 2019). Mulai dari jenis tanaman pada dataran tinggi dan tanaman pertanian pada dataran rendah. Namun, masalah yang sering dihadapi oleh para petani tanaman adalah serangan hama tanaman, baik itu berupa hama nematoda, ulat, lalat buah, bahkan antraknosa. Serangan hama tersebut dapat mengakibatkan gagal panen sehingga menyebabkan kerugian yang sangat besar (Astuti & Widyastuti, 2016).

Hama tanaman adalah organisme atau makhluk hidup yang bersifat merusak dan mengganggu pertumbuhan tanaman, sehingga mengurangi kualitas atau kuantitas pada hasil tanaman (Feriadi, 2017). Kehadiran hama sangat tidak diinginkan dalam kegiatan sehari-hari manusia. Meski ditujukan untuk semua organisme, namun istilah hama cenderung digunakan kepada hewan pengganggu tumbuhan. Hewan juga bisa disebut sebagai hama apabila menyebabkan kerusakan pada ekosistem alam atau menjadi sumber penyebaran penyakit pada manusia. Seperti tikus dan lalat yang dapat menyebarkan wabah penyakit, serta nyamuk yang dapat menjadi vektor malaria.



Gambar 1 Hama Tanaman

(Sumber : fumida.co.id)

Penyakit tanaman merupakan pertumbuhan tanaman yang tidak sesuai dari keadaan normal yang di timbulkan oleh hewan atau agens biotik yang menghambat pertumbuhan tanaman (Feriadi, 2017). Penyakit tanaman juga disebabkan oleh berbagai faktor, seperti bakteri, jamur, serangga, dan faktor lingkungan seperti kelembapan yang tinggi atau rendah, suhu yang tidak sesuai, atau kondisi tanah yang buruk.

Salah satu permasalahan utama pertanian di Indonesia adalah tingginya biaya pertanian khususnya penggunaan bahan kimia, pupuk hingga tenaga kerja. Hingga saat ini petani menghabiskan sumber daya seperti sumber tenaga kerja yang cukup besar untuk proses penyemprotan hama pada area yang luas. Sehingga harus diupayakan rekayasa yang mampu melakukan kegiatan penyemprotan hama secara cepat, efisien dan akurat (Hidayat et al., 2019).

Pada bidang pertanian, penggunaan pupuk pestisida dilakukan untuk menjaga dan meningkatkan hasil panen dari serangan hama (Hidayat et al., 2019). Namun pengunaan pupuk pestisida secara manual oleh petani memiliki beberapa efek negatif diantaranya jika pupuk pestisida terkena kulit dapat menyebabkan gatal-gatal atau iritasi, karena pupuk mengandung zat kimia yang berbahaya (Widiasari & Este Dulan Agustinus S., 2020). Kecelakaan akibat pestisida yang sering dialami seperti, pusing-pusing ketika sedang menyemprot maupun setelah penyemprotan, atau muntah-muntah, mulas, iritasi mata, kulit terasa gatal, kejang-kejang, pingsan, dan tidak sedikit kasus akan berpotensi pada kematian. Penyemprotan manual pump juga berpotensi merusak tanaman karena dalam proses penyemprotan banyak tanaman yang terinjak. Kondisi tersebut menjadikan perlu adanya inovasi untuk mengurangi risiko akibat kontak fisik petani dengan cairan pupuk pestisida dan juga untuk mencegah tanaman yang terinjak (Widiasari & Este Dulan Agustinus S., 2020)(Hidayat et al., 2019).

Hingga saat ini perkembangan teknologi pada zaman revolusi industri 4.0 telah berkembang pesat, seperti yang dulunya dilakukan secara manual dan membutuhkan efisiensi waktu yang lama, hingga pada saat ini dapat dilakukan dengan lebih cepat secara otomatis salah satunya adalah robot terbang tanpa awak yang disebut dengan *drone*. *Drone* sudah menjadi teknologi yang bisa digunakan dalam bidang apapun, salah satunya pada bidang pertanian. Dengan menggunakan *drone* memungkinkan proses penyiraman pestisida pada tanaman berlangsung dengan cepat dan dapat mencegah resiko akibat penyemprotan cairan pupuk pestisida (Febri et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka penulis akan membuat alat berupa *drone* yang dapat membawa dan menyempotkan pupuk pestida secara otomatis dengan judul tugas akhir “**RANCANG BANGUN *DRONE UAV HEXACOPTER* PENYEMPROT CAIRAN PESTISIDA OTOMATIS.** Alat ini dirancang agar dapat menetukan lokasi yang ingin dilakukan penyemprotan pestisida dan melakukan penyemprotan pestisida secara otomatis ketika sudah sampai dilokasi yang ditentukan.

1. **Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat diuraikan identifikasi masalah yang terkait dengan penelitian ini :

1. Tingginya biaya pertanian khususnya penggunaan bahan kimia, pupuk hingga tenaga kerja.
2. Pengunaan pupuk pestisida secara manual oleh petani memiliki beberapa efek negatif diantaranya jika pupuk pestisida terkena kulit dapat menyebabkan gatal-gatal atau iritasi, karena pupuk mengandung zat kimia yang berbahaya.
3. Penyemprotan manual pump berpotensi merusak tanaman karena dalam proses penyemprotan banyak tanaman yang terinjak.
4. **Pembatasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah di atas, maka dalam perancangan tugas akhir ini penulis membatasi perancangan alat ini yaitu :

1. Rancang bangun *drone* penyiraman tanaman pertanian dengan menggunakan *frame hexacopter* F550 dengan enam *motor* *brushless* dan propeller
2. *Flight controller* yang digunakan adalah *Pixhawk* yang berfungsi sebagai sistem navigasi dalam penerbangan *drone*.
3. Perangkat lunak yang digunakan sebagai *Ground Controll Station* (GCS) adalah software *Mission Planner*.
4. *Drone Hexacopter* hanya digunakan untuk penyemprotan cairan pestisida secara otomatis dengan sistem mappping
5. **Perumusan Masalah**

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, identifikasi masalah, dan batasan masalah diatas maka rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang *drone* penyiraman pupuk pestisida yang dilakukan secara otomatis?
2. Bagaimana cara melakukan proses mapping untuk proses terbang *drone* penyiraman cairan pestisida secara otomatis?
3. Berapa lama durasi *drone* dapat melakukan proses penyiraman pupuk pestisida secara otomatis?
4. **Tujuan Penelitian**

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang *drone* yang dapat melakukan penyiraman pupuk pestisida otomatis untuk mencegah terjadinya resiko akibat terkena cairan pupuk pestisida serta mencegah terjadinya tanaman yang terinjak.
2. Untuk menganalisis pengaruh beban angkut (*payload*) *drone* pada lamanya durasi terbang dan output beban pada *drone* dengan beberapa komponen yang digunakan.
3. Untuk melakukan pengembangan hasil riset pada ajang Kontes Robot Terbang Indonesia (KRTI) divisi *Vertical Take Off and Landing* (VTOL)
4. **Manfaat Penelitian**

Manfaat dari pembuatan tugas akhir ini adalah :

1. Mempermudah pekerjaan petani tanaman dalam melakukan penyemprotan pupuk pestisida
2. Dapat mencegah efek negatif dari resiko penyemprotan cairan pupuk pestisida jika terkena kulit yang dapat menyebabkan gatal-gatal atau iritasi.
3. Mencegah kerusakan pada tanaman karena dalam proses penyemprotan banyak tanaman yang terinjak.
4. Mendapatkan hasil datasheet keluaran daya pada *drone* hexacopter dalam mengangkat beban (*payload*)
5. Mengembangkan pengetahuan mahasiswa pada bidang *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV)

# BAB II

**KAJIAN PUSTAKA**

1. ***Drone***

*Drone* merupakan pesawat tanpa pilot, yaitu pesawat yang dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang telah dirancang, melalui kendali jarak jauh dari pilot yang berada di dataran atau di kendaraan lainnya (Indreswari Suroso, 2021). *Drone* umumnya dikenal sebagai kendaraan udara tak berawak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Istilah lainnya seperti *Unmanned Aircraft* (UA), *Remotely Operated Aircraft* (ROA), *Remotely Piloted Vehicle* (RPV) dan *Remotely Piloted Aircraft* (RPA) (Scott & Scott, 2017).

*Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) adalah perangkat terbang yang dapat menerbangi jalur yang telah ditentukan sebelumnya dengan bantuan autopilot dan koordinat GPS. Istilah UAV kadang digunakan untuk merujuk pada sistem yang lengkap, termasuk *ground stations* dan *video system*, namun istilah UAV paling sering digunakan untuk model pesawat dan helikopter dengan sayap tetap dan putar (Ahiarwar et al., 2019).

* 1. **Jenis-Jenis *Drone***

Jenis *drone* dapat diklasifikasikan dalam beberapa kriteria, seperti berdasarkan cara lepas landas dan mendarat, serta bisa juga berdasarkan aerodinamisnya. Secara umum jenis-jenis *drone* seperti berikut :

* 1. ***Fixed Wing* (FW)**

*Drone* jenis *Fixed Wing* ini menggunakan sayap (*wing*) untuk terbang, *drone* *Fixed Wing* ini memiliki beberapa bentuk dan ukuran, tergantung pada kegunaannya masing masing. *Drone Fixed Wing* juga mampu membawa muatan yang lebih besar untuk jarak yang lebih jauh dengan daya yang lebih kecil.



Gambar 2 Drone Fixed Wing

(Sumber : Liupurnomo.com)

* 1. ***Rotary* *Wing***

*Drone rotary wing* terdapat dua jenis kategori. Salah satunya adalah helikopter yang terdiri dari sistem rotor tunggal (*single copter*). Kategori lain adalah multirotor. *Drone* *multirotor* dapat memiliki hingga 8 rotor. Motor yang ditambahkan memberikan stabilitas, redundansi, dan kapasitas angkat yang lebih besar.

1. ***Single Rotor***

*Drone single rotor* atau biasa disebut dengan *helicopter* adalah *drone* yang memiliki satu mesin penggerak (rotor). Biasanya juga memiliki rotor lain di ekor atau ujung pesawat.



Gambar 3 Drone Single Rotor

(Sumber : botlink.com)

1. ***Multi Rotor***

*Drone multi rotor* adalah *drone* yang memiliki dua atau lebih motor sebagai penggerak. *Drone* ini menyediakan UAV yang stabil dan mudah dioperasikan yang dapat membawa berbagai macam muatan, mendarat dan lepas landas di ruang kecil, dan lebih sulit dideteksi daripada banyak konfigurasi UAV lainnya karena ukuran kecil dan rotor yang tenang. Jenis *drone* multirotor diantaranya yaitu :

1. *Double Copter* : *Drone* dengan 2 motor penggerak
2. *Tri Copter* : *Drone* dengan 3 motor penggerak
3. *Quad Copter* : *Drone* dengan 4 motor penggerak
4. *Hexa Copter* : *Drone* dengan 6 motor penggerak
5. *Octo Copter* : *Drone* dengan 8 motor penggerak



Gambar 4 Drone Multi Rotor

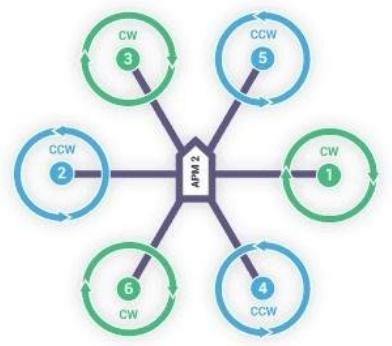
(Sumber : Ardupilot.org)

* 1. **Sistem Kerja *Drone***

*Drone* bekerja berdasarkan daya angkat yang terjadi karena putaran baling-baling yang digerakkan oleh rotor atau motor listrik. *Lift* atau daya angkat biasanya berhubungan dengan sayap dari sebuah model *airfoil fixed-wing* dan kekuatan momentum udara dengan baling-baling pada model *drone* multirotor*.*

Teori untuk menjelaskan lift atau daya angkat menggunakan Prinsip Bernoulli, yaitu aliran udara merupakan energi yang konstan, ketika udara mengalir pada bagian yang memiliki tekanan udara rendah, maka aliran udara tersebut akan semakin cepat. Dari prinsip Bernoulli, tekanan udara pada bagian atas bergerak lebih cepat dengan demikian tekanan menjadi rendah dibandingkan dengan bagian bawah yang aliran udaranya bergerak lebih lambat. Perbedaan tekanan udara tersebut menghasilkan gaya aerodinamik.

Pada Hukum Newton tentang *Lift and deflection of the flow*, daya angkat dihasilkan karena adanya tekanan udara dan gaya tekan dari area sayap, bahwa tekanan dari luas sayap tidak menghasilkan gaya yang murni, akan tetapi dibutuhkan perbedaan tekanan untuk menghasilkan daya angkat.



Gambar 5 Konsep perputaran propeller pada drone hexacopter

(Sumber : researchgate.net)

Pada gambar 5 menunjukkan konsep baling-baling atau *propeller* pada *drone* dengan enam rotor atau *Hexacopter*. Arah putaran *propeller* terbagi menjadi dua arah putaran yang berbeda yaitu searah jarum jam / *Clock Wise* (CW) dan berlawanan arah jarum jam / *Counter Clockwise* (CCW). Motor yang berputar dengan searah jarum jam yaitu motor 1,3 dan 6 sedangkan motor yang berputar berlawanan arah jarum jam yaitu motor 2,4 dan 5. Perbedaan putaran pada setiap motor bertujuan agar tidak menyebabkan momen putar pada body *drone*.

Gerakan dasar pada *drone* terdiri dari empat gerakan, yaitu; *Roll* (bergerak menyamping), *Pitch* (bergerak maju mundur), *Yaw* (bergerak secara berotasi) dan *Throttle* (bergerak ke atas *landing* dan *take off*). Penjelasan dari pergerakan *drone* terdapat pada gambar 6 berikut :



Gambar 6 Gerakan dasar pada Drone

(Sumber : kajianpustaka.com)

1. ***Throttle***

*Throttle* merupakan penaikan kecepatan secara keseluruhan pada motor, di mana ketika motor *full throttle* maka *drone* akan terjadi momen angkat pada *body* *drone*. dan begitu sebaliknya jika motor menurunkan kecepatan maka akan terjadi posisi turun.

1. ***Pitch***

*Pitch* merupakan pergerakan maju dan mundur pada *drone*, di mana motor yang berada di posisi belakang berputar lebih cepat dibanding dengan motor yang berada di depan sehingga terjadi kemiringan ke arah depan dan akan terdorong ke depan maka akan terjadi gerakan maju, begitupun sebaliknya untuk bergerak mundur.

1. ***Roll***

*Roll* merupakan gerakan menyamping, baik ke arah kiri atau kanan, untuk dapat bergerak menyamping perlu adanya perubahan kecepatan pada satu pasang motor, misal *drone* akan gerak ke samping kanan maka motor sebelah kiri menaikkan kecepatan sehingga terjadi momen miring dan secara tidak langsung bergerak ke samping kanan begitu pun sebaliknya.

1. ***Yaw***

Pergerakan ini yaitu di mana *drone* berputar dalam satu poros dilakukan dengan cara menurunkan kecepatan motor CW atau CCW, atas-bawah atau kiri - kanan, dan menaikkan kecepatan pasangan motor CW atau CCW yang sedikit lambat kecepatannya dibandingkan pasangan motor yang lain.

## Sistem Propulsi dan Elektronik *Drone*

Pada sistem propulsi *drone* terdiri dari baling-baling, motor, Electronic Speed Controller (ESC), dan baterai. Komponen-komponen sistem propulsi harus cocok dan kompatibel satu sama lain. Jika tidak, *drone* mungkin tidak berfungsi dengan baik. Pada *Drone Hexacopter* terdapat beberapa komponen elektronik dan yang diperlukan agar *drone* berfungsi dengan baik. Diantaranya:

1. ***Flight* *Controller (FC)***

*Flight Controller* sering juga disebut dengan *FC* merupakan otak dari sebuah pesawat tanpa awak. *Flight* controller terdapat sensor gyro (*gyroscope*) dan sensor ACC (*accelerometer*). Beberapa *flight controller* ada yang memiliki sensor lebih seperti *barometer* dan *magnetometer* (kompas). Data dari sensor-sensor tersebut diproses oleh mikrokontroler di dalam *flight controller* dan kemudian diteruskan ke baling-baling atau sayap untuk mengatur gerakan *drone*.

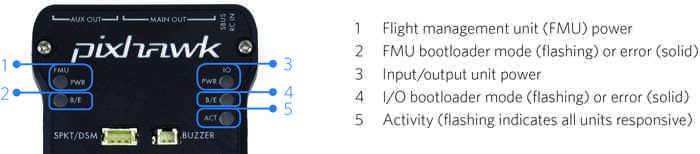
Jenis *fligh controller* yang digunakan pada pembahasan kali ini adalah *fligh controller* Pixhawk seperti yang terlihat pada gambar 7. Pixhawk adalah serangkaian autopilot berbasis *hardware* dan *software* yang digunakan pada aplikasi penerbangan otonom, terutama pada *drone* dan kendaraan udara tanpa awak (UAV).



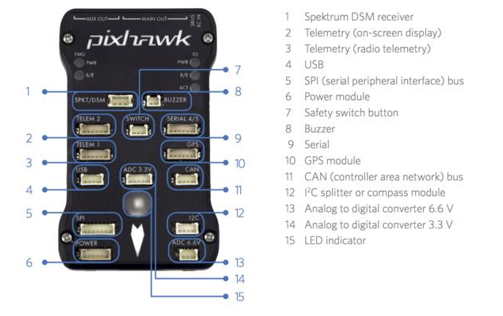
Gambar 7 Pixhawk Interface

(Sumber : Ardupilot.org)

Bagian sisi atas permukaan pixhawk terdapat konektor DF13 yang merupakan konektor kunci dalam sistem autopilot dan kontrol penerbangan yang digunakan pada *drone*. Konektor DF13 berfungsi sebagai antarmuka utama untuk menghubungkan Pixhawk dengan berbagai sensor, aktuator, dan perangkat tambahan lainnya. Desain konektor DF13 pada Pixhawk yang kokoh dan tahan lama, memastikan pengiriman sinyal yang baik antara autopilot dengan komponen lainnya seperti GPS, kompas, telemetri, baterai, dan motor. Konektor ini memungkinkan integrasi perangkat yang mulus dan meminimalkan risiko kesalahan pemasangan.



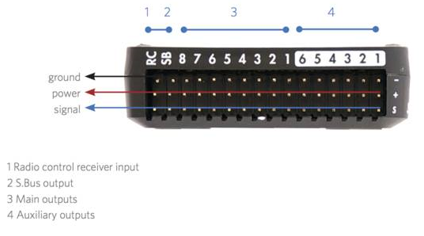
(a) *Indikator LED Navigasi Pixhawk*



(b) *Tampikan Konektor DF13 Pixhawk*



(c) *Tampilan Samping Pixhawk*



(d) *Tampilan konektror PWM Pixhawk*

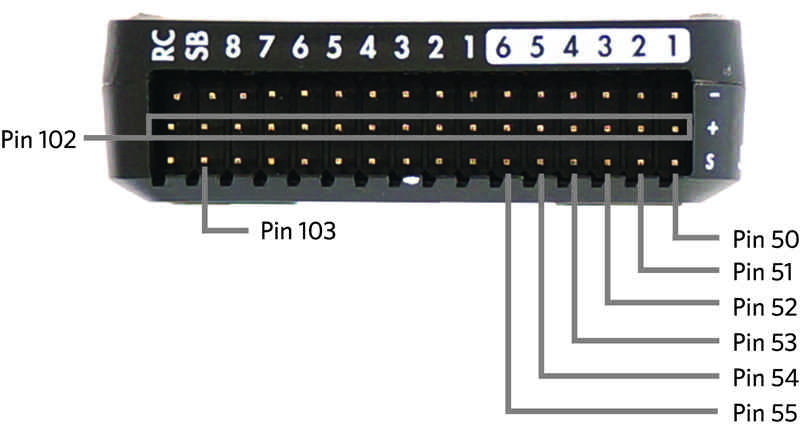
Gambar 8 Bagian dan Port Konektor Pixhawk

(Sumber : ardupilot.org)

fungsi masing-masing port konektor yang terdapat pada *Pixhawk* adalah:

1. *Power Port* : Port ini digunakan untuk menyediakan daya ke Pixhawk. Biasanya terdiri dari pin positif dan negatif untuk menghubungkan baterai atau sumber daya eksternal yang sesuai dengan kebutuhan daya Pixhawk.
2. *Telemetry Port* : Port ini digunakan untuk komunikasi dua arah antara Pixhawk dan perangkat luar seperti pengendali jarak jauh (RC), *Ground Controll Station* (GCS), atau sistem monitor. Biasanya terdiri dari pin Tx (transmit) dan Rx (receive) yang mengirimkan dan menerima data telemetri.
3. *GPS Port* : Port ini digunakan untuk menghubungkan modul GPS eksternal. Modul GPS menyediakan data lokasi dan navigasi yang penting dalam sistem kontrol penerbangan otonom.
4. *I2C Port* : Port ini menggunakan protokol komunikasi I2C (Inter-Integrated Circuit) untuk menghubungkan sensor dan perangkat lain yang mendukung I2C. Contoh penggunaan I2C pada Pixhawk adalah untuk menghubungkan sensor tekanan, magnetometer, atau modul sensor lainnya.
5. *SPI Port* : Port ini menggunakan protokol komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) untuk menghubungkan sensor atau perangkat lain yang mendukung SPI. Beberapa perangkat yang mungkin terhubung melalui port ini adalah sensor IMU (*Inertial Measurement Unit*) atau modul sensor lainnya.
6. *RC Input Port* : Port ini digunakan untuk menghubungkan penerima sinyal radio pada *remote controll* (RC) dari pengendali jarak jauh ke Pixhawk. Ini memungkinkan pengendali RC untuk mengontrol penerbangan *drone* secara langsung.
7. *Servo Output Ports* : Port ini digunakan untuk menghubungkan aktuator atau servo motor yang menggerakkan permukaan kendali (seperti kendali arah atau kendali *throttle*) pada pesawat atau *drone*.
8. *Power Distribution Port* : Port ini digunakan untuk menghubungkan dan mendistribusikan daya ke aktuator atau perangkat lain seperti motor ESC (*Electronic Speed Controller*) atau gimbal kamera.
9. *Serial Ports* : Pixhawk memiliki beberapa port serial tambahan yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat eksternal, seperti modul radio, sensor tambahan, atau perangkat lain yang memerlukan komunikasi serial.

Pixhawk tidak memiliki pin output atau input digital khusus pada konektor DF13, tetapi dapat menetapkan hingga 6 konektor "AUX SERVO" sebagai output/input GPIO digital. Pin ini ditandai sebagai pin AUX 1-6 seperti pada gambar 9 dibawah.



Gambar 9 Pixhawk Digital Output dan Input

(Sumber : ardupilot.org)

Fungsi AUX pin pada *Pixhawk* adalah untuk memperluas kemampuan pengendalian dan pemantauan sistem, seperti menghubungkan kamera, modul telemetri, sensor, atau perangkat lainnya. Dengan pin AUX, pengguna dapat mengintegrasikan komponen tambahan sesuai kebutuhan dan meningkatkan fungsionalitas dan fleksibilitas sistem.

1. ***Electronics Speed Controller* (ESC)**

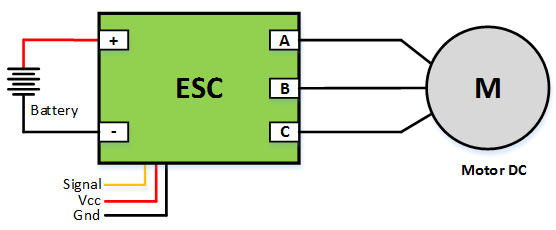
*Electronic Speed Controller* (ESC) adalah sirkuit elektronik yang digunakan untuk mengubah kecepatan motor listrik, dan juga berfungsi sebagai rem dinamis, ESC bertindak seperti otak sistem dengan memberi tahu motor seberapa cepat untuk berputar berdasarkan sinyal data yang diterimanya dari pengontrol *throttle* yang bertujuan untuk mengubah kecepatan dan arah manuver *drone*. Bentuk dan tampilan *Electronics Speed Controller* (ESC) terdapat pada gambar 10 berikut.



Gambar 10 Electronics Speed Controller (ESC)

(Sumber : tytorobotics.com)

Peran ESC bertindak sebagai perantara pengatur antara baterai dan motor listrik. ESC menggunakan arus searah dari baterai yang digabungkan dengan sistem saklar untuk mencapai arus tiga fasa bolak-balik yang dikirim ke motor. ESC mengontrol gerakan atau kecepatan *motor brushless* dengan mengaktifkan MOSFET yang sesuai untuk menciptakan medan magnet yang berputar sehingga akan membuat motor berputar.



b

a

c

Gambar 11 Blok Diagram ESC

(Sumber : robotics-university.com)

Pada gambar 12 ESC memiliki 3 terminal berdasarkan fungsinya, diantaranya terminal daya, terminal output dan terminal kontrol seperti penjelasan berikut :

* 1. **Terminal Daya**

Terminal daya biasanya dihubungkan pada sumber daya yang berasal dari *Power Distribution Board* (PDB) yang berfungsi sebagai tempat masuknya daya ke ESC yang nantinya akan diteruskan pada motor brushless.

* 1. **Terminal Output**

Pada terminal output terdapat tiga pin dangan keluaran arus bolak-balik dengan phasa yang berbeda-beda disambungkan pada motor brushless.

* 1. **Konektor PWM kontrol**

Konektor PWM kontrol yang dihubungkan pada *flight* *controller* berfungsi sebagai pengontrol kecepatan motor berdasarkan nilai frekuensi sinyal PWM yang di berikan, semakin besar sinyal PWM yang diberikan maka kecepatan motor berputar akan semakin meningkat

1. ***Brushless DC Motor***

Motor DC adalah motor listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dengan menggunakan arus listrik DC. Motor DC berfungsi sesuai pada kemampuan untuk berputar pada kecepatan tinggi, dan torsi awal yang tinggi.



Gambar 12 Brushless DC Motor

(Sumber : andalanelektro.id)

Motor brushless juga disebut dengan BLDC atau *BrushLess Direct Curren* adalah motor DC yang tidak memiliki sikat atau brush untuk mengaliri arus listrik pada setiap kumparan. Motor brushless terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Motor brushless memiliki magnet permanen yang dipasang pada rotor, dan stator terdiri dari belitan untuk kutub tertentu.

1. **Stator**

Stator adalah bagian motor yang diam/statis dimana fungsinya sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Stator pada BLDC motor hampir sama dengan stator motor listrik konvensional, hanya berbeda pada lilitannya. Stator terbuat dari tumpukan baja yang dilaminasi dan berfungsi sebagai tempat lilitan kawat. Lilitan kawat pada BLDC motor biasanya dihubungkan dengan konfigurasi bintang atau Y.

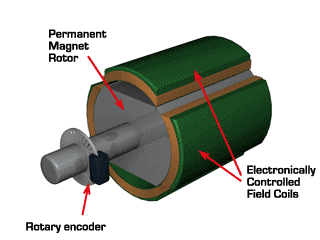


Gambar 13 Stator

(Sumber : [www.insinyoer.com](http://www.insinyoer.com))

1. **Rotor**

Rotor adalah bagian motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator. Rotor terdiri dari beberapa magnet permanen yang saling direkatkan dengan epoxy, serta jumlahnya dapat di-variasikan sesuai dengan desain. Jumlah kutub magnet berbanding lurus dengan torsi motor, namun berbanding terbalik dengan RPM. Semakin banyak jumlah kutub magnet pada rotor, semakin tinggi pula torsi yang akan dihasilkan, namun konsekuensinya RPM motor akan turun.

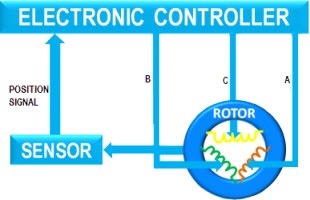


Gambar 14 Rotor

(Sumber : [www.insinyoer.com](http://www.insinyoer.com))

1. **Hall Sensor**

Berbeda dengan motor listrik DC konvensional, sistem komutasi dari motor BLDC harus diatur secara elektronik karena lilitan kawat pada stator harus dinyalakan-dimatikan (on-off) atau di-energize secara **berurutan dan teratur**. Oleh karena itu, dibutuhkan sensor yang dapat memberikan informasi secara presisi kepada kontroler untuk mengatur lilitan mana yang harus dialiri listrik.



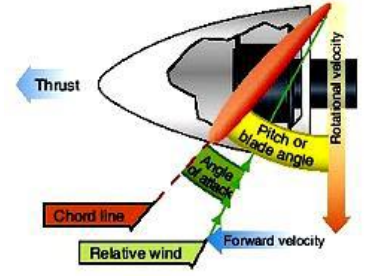
Gambar 15 Skema Sensing pada Motor BLDC

(Sumber : www.insinyoer.com)

Motor BLDC menggunakan tiga sensor Hall yang dipasang dengan jarak 120o pada stator untuk mendeteksi bagian rotor yang mana akan terimbas oleh fluks magnet. Sensor Hall adalah suatu tranduser yang menghasilkan tegangan bervariasi ketika terjadi perbedaan medan magnet. Ketika rotor berputar, perubahan besar medan magnet antara magnet permanen dan gaya elektromagnetik dari lilitan kawat akan dideteksi oleh sensor Hall sebagai input kontroler. Sehingga proses komutasi dapat berjalan secara simultan dan kontinu.

1. ***Propeller***

*Propeller* atau baling-baling adalah alat yang terdiri dari dua bagian yaitu hub dan bilah. Hub terletak di tengah baling-baling yang minimal terdiri dari dua bilah dengan bentuk memilin. *Propeller* terdiri dari serangkaian airfoil dikelompokkan dengan posisi yang berbeda. *Airfoil* dapat divariasikan dengan *chord* dan *angle of attack* yang berbeda yang menghasilkan *angle of twist*



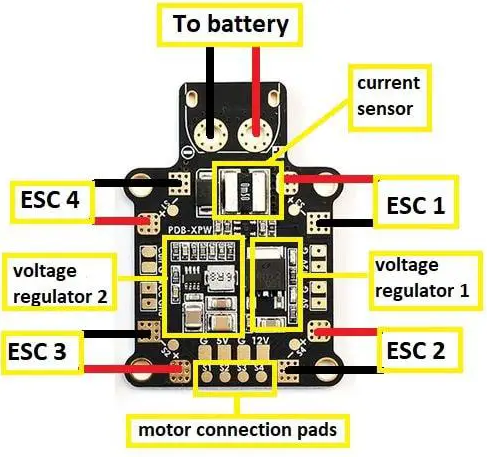
Gambar 16 Sistem Kerja Propeller

(Sumber : (Sutadi et al., 2012))

Tekanan yang lebih rendah di daerah depan memaksa UAV multirotor untuk bergerak maju karena efek gaya reaksi. Perbedaan tekanan 23 antara bagian belakang dan depan baling-baling menciptakan gaya dorong ke arah depan dan dengan demikian dapat melawan hambatan. Airfoil memutar bilah baling-baling menciptakan bentuk ruang yang menyebabkan aliran udara di depan bilah bergerak dengan kecepatan lebih tinggi.

1. ***Power Distribution Board* (PDB)**

*Power Distribution Board* yang dikenal sebagai PDB adalah komponen yang digunakan sebagai mendistribusikan daya batterai ke ESC *drone*. Teknologi PDB telah meningkat pesat dalam beberapa hari terakhir sehingga PDB juga dapat mendistribusikan daya ke beberapa periferal lain seperti *FPV Video Transmitters*, *FPV Cameras* dan Flight controller pada *drone*.



Gambar 17 Power Distribution Board

(Sumber : *drone*nodes.com)

Berdasarkan konfigurasi PDB pada gambar 17 diatas pada PDB terdapat tab untuk menyolder baterai untuk kabel ESC. PDB memiliki 4 set (PDB mendukung 4 ESC) atau 6 set (PDB mendukung 6 ESC) masing-masing 2 bantalan (terminal negatif dan positif) untuk tempat menyolder kabel ke ESC. Papan distribusi daya ditunjukkan pada tab bertanda S1, S2, S3 dan S4 yang menunjukkan tab sinyal untuk ESC pada motor 1, 2, 3 dan 4. Beberapa PDB mungkin memiliki sensor arus dan biasanya berisi 2 jenis pengatur tegangan untuk menyalakan kamera FPV dan VTx.

1. ***Lithium Polimer Battery (Li-Po)***

Baterai Li-Po merupakan baterai generasi baru yang saat ini banyak digunakan. Baterai Li-Po adalah singkatan dari *Lithium Polimer*, disebut demikian karena baterai ini memiliki elektrolit yang terbuat dari bahan cairan polimer. Cairan polimer yang digunakan untuk membuat elektrolit memiliki massa yang ringan. Oleh karena itu, baterai litium ini dapat didesain dengan berbagai macam bentuk dan ukuran. Salah satunya yaitu didesain dengan model yang ramping namun spesifikasinya tergolong tinggi.



Gambar 18 Li-Po Battery

(Sumber : Tokopedia.com)

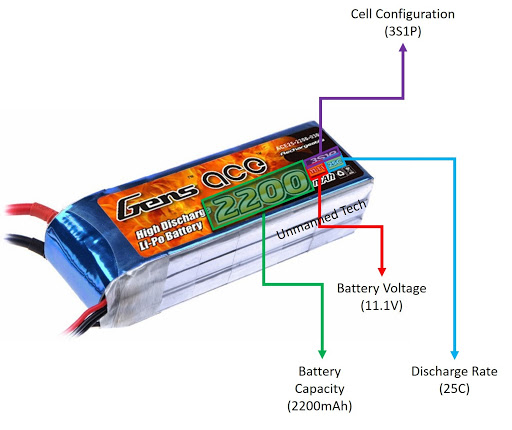
* + 1. **Spesifikasi Baterai Li-Po**

Baterai Li-po merupakan jenis baterai yang banyak digunakan oleh peralatan elektronik modern yang berfungsi sebagai sumber daya listrik yang membantu perangkat elektronik untuk bekerja. Baterai Li-po terdiri dari beberapa komponen penyusun seperti :

1. Elektrode positif adalah komponen baterai Li-po yang menggunakan material litium.
2. Elektrode negatif, yaitu komponen yang memakai media grafit.
3. Elektrolit pada baterai memakai cairan polimer.

Pada baterai Li-po, terdapat juga penggunaan bahan pemisah yang terbuat dari litium mikro-pori. Bahan pemisah ini fungsinya adalah untuk membatasi ion yang bergerak di antara elektrode. Selain itu, pada baterai ini juga bisa menemukan perlindungan sirkuit. Perlindungan sirkuit inilah yang menjaga benda tersebut agar tetap berada pada batas tegangan aman dan terhindar dari risiko *over charging*.

* + 1. ***Rating Batterai* Li-Po**



Gambar 19 Rating Lipo Battery

(Sumber : genstattu.com)

*LiPo battery* memiliki nilai *rate* spesifikasi yang terdapat pada *body* batterai seperti yang terlihat pada gambar 19. Adapun *rate* yang terdapat pada *batterai LiPo* yaitu :

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

Pada baterai Li-Po memiliki rata-rata tegangan 3,7V per sel. Keuntungannya adalah tegangan baterai yang tinggi dapat dicapai dengan menggunakan jumlah sel yang lebih sedikit. Pada setiap paket baterai LiPo selain tegangan ada label yang disimbolkan dengan “S”. Disini “S” berarti sel yang dimiliki sebuah paket baterai (*battery pack*). Sementara bilangan yang berada didepan simbol menandakan jumlah sel dan biasanya berkisar antar 2-6S. Berikut adalah tabel notasi tegangan pada baterai LiPo :

Tabel 1 Notasi tegangan batterai Li-Po

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Sel Batterai (S) | Tegangan Kondisi Kosong (Volt) | Tegangan Kondisi Penuh (Volt) |
| 1 | 3,7 | 4,2 |
| 2 | 7,4 | 8,4 |
| 3 | 11,1 | 12,6 |
| 4 | 14,8 | 16,8 |
| 5 | 18,5 | 21,0 |
| 6 | 22,2 | 25,2 |

1. **Kapasitas (*Capacity*)**

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

1. ***Discharge rate***

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

1. **Hambatan dalam (*Internal Resistance*)**

Hambatan dalam (Internal Resistance) adalah bilangan yang menyatakan nilai tahanan yang ada didalam komponen baterai. Hambatan ini akan menentukan kecepatan pertuakan ion dari anoda ke katoda.

1. ***Global Positioning System* (GPS)**

*Global Positioning System* atau yang sering disebut dengan GPS adalah teknologi yang menggunakan sinyal dari satelit yang bisa membantu dan mempermudah manusia dalam kegiatan sehari-hari, seperti untuk mengetahui posisi dengan cepat, menentukan rute perjalanan, mengetahui ketinggian suatu tempat, bahkan untuk melihat situasi lalu lintas terkini.



Gambar 20 Global Positioning Systems (GPS)

(Sumber : play.google.com)

Dalam penyusunan sistem GPS, dibutuhkan komponen-komponen pendukung yang bisa digunakan untuk mendukung cara kerja yang dilakukan oleh GPS. Sama halnya dengan sistem lain yang memiliki komponen pendukung untuk menjalankan sistem, GPS pun memiliki komponen penyusun tersebut. Komponen penyusun GPS yaitu :

1. **Satelit**

Satelit merupakan komponen utama yang sangat penting dalam GPS. Dengan adanya satelit, semua posisi permukaan bumi bisa diketahui dengan jelas. Hal ini yang menyebabkan GPS bisa menampilkan gambaran lokasi dengan detail karena satelit berfungsi dengan baik untuk memantau posisi permukaan bumi.

1. **Pengontrol**

Pengontrol memiliki fungsi yang sangat besar karena harus memantau kondisi satelit. Pengendalian satelit dilakukan oleh komponen pengontrol ini. Dengan dilakukan pengontrolan satelit secara berkala, kondisi terkini dari satelit bisa diketahui dengan cepat supaya ketika anda informasi apapun dari satelit bisa diterima oleh pengontrol.

1. **Receiver**

Receiver bertugas untuk mengolah data yang didapatkan dari satelit. Data dan informasi dari satelit akan diterjemahkan menjadi informasi letak, posisi atau koordinat suatu wilayah. Peran receiver sangat penting karena receiver yang memproses data dan informasi yang diterima dari satelit untuk bisa diakses oleh pengguna.

Modul GPS adalah perangkat elektronik yang mengintegrasikan penerima GPS dan dapat menentukan posisi, kecepatan, waktu, dan koordinat geografis dengan akurasi tinggi menggunakan sinyal satelit. Modul GPS terdiri dari antena untuk menerima sinyal dari satelit, dan sirkuit elektronik yang memproses informasi penerimaan sinyal tersebut.



Gambar 21 Modul GPS

(Sumber : radiolink.com)

1. ***Radio Telemetry***

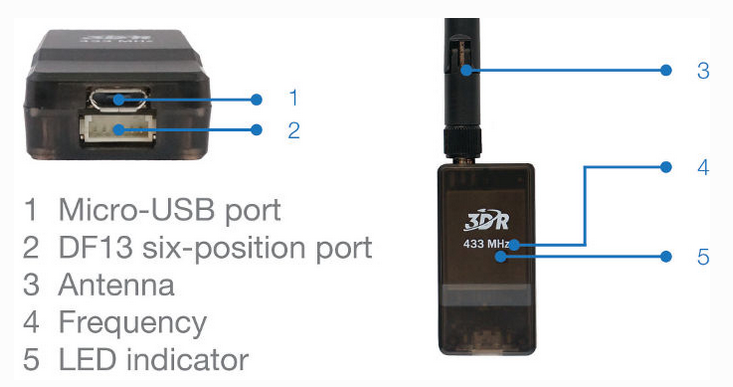
Telemetri adalah sebuah sistem atau proses pengendalian serta pengukuran data yang melalui media komunikasi jarak jauh dengan menggunakan kabel ataupun wireless yang diperlukan dapat memberi kemudahan pada pengukuran, pemantauan dan mengurangi hambatan untuk menerima informasi. Telemetri terdiri dari beberapa bagian pendukung seperti sensor, saluran transmisi, variabel yg diukur, receiver dan display (Rahmadiansyah et al., 2017)

Kata telemetri berasal dari bahasa yunani yaitu *tele* artinya jarak jauh sedangkan *metron* artinya pengukuran. Modul telemetri yang digunakan menggunakan frekuensi radio. Dalam rangkaian sistem modul radio telemetri terdapat modulator GFSK, modulator GFSK ini merupakan pengembangan dari modulator FSK sebagai perangkat mengubah data digital menjadi sinyal analog. Modul radio ini dapat bekerja secara half duplex. Radio ini memiliki 8 kanal frekuensi yang berbeda dengan jarak jangkauan antara 500m – 800m dengan baudrate 9600, sementara frekuensi yang digunakan sebesar 436.0325 MHz, pada kanal 8. Radio ini dapat bekerja secara maksimal jika diuji atau digunakan pada area terbuka dan tidak terdapat penghalang yang dapat menggangu sinyal frekuensinya.

Radio Telemetri merupakan platform radio *open source* yang kecil, ringan, dan murah yang biasanya memungkinkan jangkauan lebih baik dari 300m. Radio menggunakan firmware open source yang telah dirancang khusus untuk bekerja dengan baik dengan paket MAVLink dan terintegrasi dengan Mission Planner, Copter, Rover dan Planer

1. **Konfigurasi Radio Telemetri**

Radio telemetri memiliki modul udara dan darat yang dapat dipertukarkan, artinya untuk menggunakannya sebagai pasangan tetapi tidak masalah mana yang dipasang di kendaraan dan mana yang tetap di darat. Radio telemetri memiliki *port* micro-USB, dan *port* enam posisi DF13. Bagian pada gambar 21 menjelaskan cara menghubungkannya ke autopilot dan *Ground Station*.



Gambar 22 Bagian-bagian Radio Telemetry module

(Sumber : Ardupilot.org)

1. Micro-USB port

Pada Micro USB port biasanya dihubungkan pada *Ground Station* dengan *Screen Display* untuk melakukan konrol dan monitoring pada kendaraan

1. DF13 *six-position port*

DF13 *six-position port* dihubungkan pada konektor serial port telem1 *flight controller* (Pixhawk) menggunakan pin konektor DF13. Fungsi penyambungan telemetri pada pixhawk ini yaitu untuk mengirim dan menerima data sinyal frekuensi dari kendaraan udara ke *Ground Station*

1. Antenna

Antena digunakan untuk menerima dan mengirimkan sinyal radio antara transmitter dan receiver. Antena pada transmitter dan receiver harus sesuai agar komunikasi nirkabel bisa dilakukan dengan baik.

1. Frequency

Frekuensi merupakan besar nilai gelombang frekuensi yang dikirimkan.

1. LED indicator

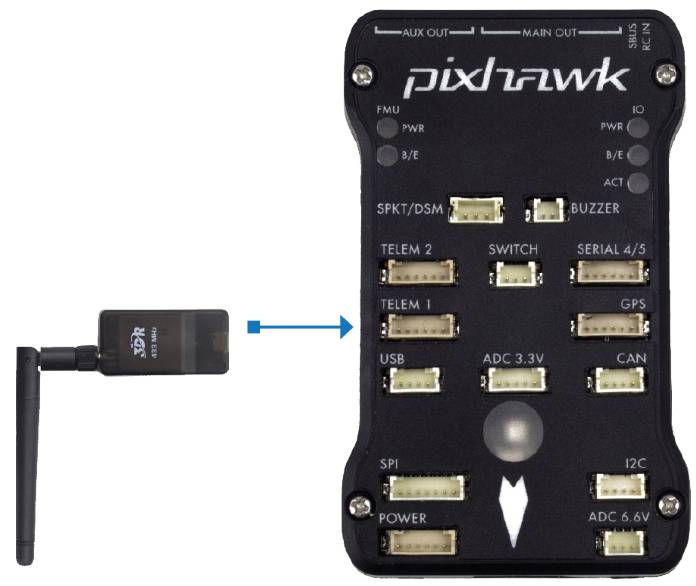
LED indikator pada telemetri berfungsi sebagai pemberi indikator lampu.

1. **LED status**

LED status yang terdapat pada modul radio telemetri berfungsi untuk mengetahui status penyambungan antara modul radio telemetri dengan *flight controller*. Radio telemetri memiliki 2 LED status, satu merah dan satu hijau. Arti dari status LED yang berbeda adalah:

1. LED hijau berkedip - mencari radio lain
2. LED hijau solid - tautan dibuat dengan radio lain
3. LED merah berkedip - mentransmisikan data
4. LED merah solid - dalam mode pembaruan firmware
5. **Menghubungkan Telemetri Dengan Pixhawk**

Telemetri digunakan untuk menghubungkan pixhawk dengan *ground station* menggunakan konektor DF13 6 pin, penyambungan telemetri ini berfungsi untuk mengontrol dan monitoring status informasi penerbangan *drone* yang ditampilkan pada display *ground station*. Penyambungan telemetri pada umumnya dihubungkan ke port konektor "*Telem* 1" pada *Pixhawk* seperti pada gambar 25



Gambar 23 Penyambungan telemetry ke Pixhawk

(Sumber : Ardupilot.org)

1. **Menghubungkan Telemetri dengan Ground Station**

Untuk menghubungkan modul radio telemetri ke *ground station* bisa dengan menyambungkan kabel micro-USB ke PC. Driver yang diperlukan harus diinstal secara otomatis dan port telemetri akan muncul sebagai "*Port Serial USB*" baru pada *Device Manager Windows* di bawah ports (COM & LPT). *Drop-down* pemilihan Port COM *Mission Planner* juga harus berisi port COM baru yang sama.



Gambar 24 Menghubungkan radio telemetri ke PC

(Sumber : Ardupilot.org)

1. ***Radio Control System***

Sistem radio kontrol (RC) adalah teknologi yang digunakan untuk mengontrol perangkat atau model jarak jauh menggunakan sinyal radio. Prinsip dasar dari sistem radio kontrol adalah mentransmisikan perintah atau informasi dari pengendali (*transmitter*) ke perangkat yang dikendalikan (*receiver*) melalui gelombang radio. Sistem ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti mainan, model kendaraan, pesawat tanpa awak (*drone*), kendaraan remote kontrol, kapal, dan aplikasi industri lainnya.



Gambar 25 Radio Control System

(Sumber : Ardupilot.org)

*Radio* remote *controll* memiliki beberapa komponen utama yang diperlukan agar dapat mengendalikan *drone* dari ground station, diantaranya yaitu :

1. ***Transmitter* (Pengendali)**

*Transmitter* adalah perangkat yang dipegang oleh pengguna atau pilot yang mengendalikan perangkat jarak jauh. Transmitter dilengkapi dengan berbagai tuas, tombol, dan kontrol yang digunakan untuk menggerakkan dan mengontrol perangkat yang dikendalikan. Pengguna menggerakkan tuas atau tombol pada transmitter, dan perangkat ini mengubah gerakan atau perintah tersebut menjadi sinyal radio yang akan dikirim ke receiver.

1. ***Receiver* (Penerima)**

*Receiver* adalah perangkat yang ditempatkan di perangkat yang akan dikendalikan. Fungsi utama *Receiver* adalah menerima sinyal radio dari *Transmitter* dan mengubahnya kembali menjadi perintah yang sesuai untuk mengontrol motor, servo, atau bagian lain dari perangkat.

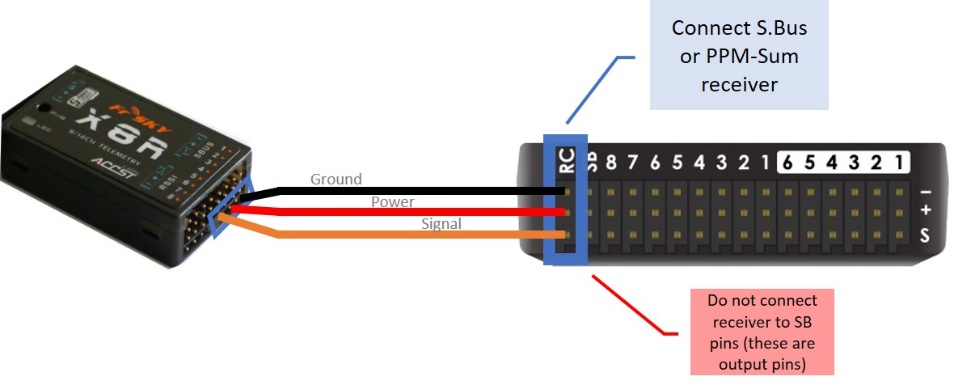
1. **Antena**

Antena digunakan untuk menerima dan mengirimkan sinyal radio antara transmitter dan receiver. Antena pada transmitter dan receiver harus sesuai agar komunikasi nirkabel bisa dilakukan dengan baik.

1. **Sumber Daya**

Sistem radio kontrol membutuhkan daya untuk bekerja. Transmitter biasanya menggunakan baterai untuk daya, sedangkan receiver pada perangkat yang dikendalikan juga membutuhkan daya untuk beroperasi.

*Ardupilot Pixhawk* kompatibel dengan protokol receiver output PPM-sum/SBUS/Ibus *Receiver*. *Receiver* biasanya dihubungkan ke pin input RCin atau SBUS pada autopilot. Penyambungan ini berfungsi untuk menghubungkan ardupilot dengan *radio remote controll* agar dapat dikendalikan secara manual ketika terjadi kesalahan pada autopilot (*failsafe*). Untuk menyambungkan *receiver* PPM-Sum atau penerima SBus ke Pixhawk, sambungkan kabel ground (hitam), kabel daya (merah) dan kabel sinyal (biasanya putih atau orange seperti pada gambar 28 di bawah) ke pin RCin di Pixhawk.



Gambar 26 Menghubungkan Receiver ke Pixhawk

(Sumber : Ardupilot.org)

1. ***Buzzer***

Buzzer adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Pada umumnya buzzer digunakan untuk alarm, karena penggunaannya cukup mudah yaitu dengan memberikan tegangan input maka buzzer akan mengeluarkan bunyi.



Gambar 27 Buzzer / Tone Alarm

(Sumber : Alibaba.com)

Buzzer digunakan untuk menunjukkan perubahan status kendaraan secara terdengar. Bergantung pada kemampuan *device*, buzzer mampu menjadi perangkat aktif, atau perangkat pasif yang digerakkan oleh PWM yang mampu menghasilkan nada musik variabel.

Buzzer yang disambungkan pada kontroler penerbangan seperti Pixhawk digunakan untuk mengetahui informasi status pada *drone* berdasarkan pada nada dari buzzer yang disambungkan pada port konektor “*Buzzer*” Pixhawk seperti pada gambar 28



Gambar 28 Menyambungkan Buzzer ke Pixhawk

(Sumber : Ardupilot.org)

1. Penggunaan Buzzer Aktif

Buzzer aktif dapat dengan mudah mengganti piezo pasif pada autopilot yang dirancang untuk memainkan *tone alarms*, buzzer aktif memiliki polaritas, tidak seperti buzzer piezo pasif, buzzer aktif perlu dihubungkan dengan polaritas yang tepat agar dapat berfungsi dengan baik. hal ini akan memainkan semua suara, namun berpotensi pada volume yang lebih rendah dan tanpa frekuensi nada yang tepat seperti yang dimainkan dengan buzzer pasif. Jika bel aktif digunakan, ini dapat menunjukkan hal seperti pada tabel 2 berikut:

Tabel 2 Status bunyi pada buzzer

|  |  |
| --- | --- |
| **STATUS** | **Pola Nada** |
| ARMING | Bip panjang 3 detik |
| ARMING FAILURE | Bip tunggal |
| DISARMED | Bip tunggal |
| BATTERY FAILSAFE | Bip tunggal berulang setiap 3 detik |
| EKF FAILURE | Bip-bip-bip-bip |
| LOST VEHICLE | Bip-bip berulang setiap 3 detik |

1. ***Safety Switch***

*Safety Switch* digunakan untuk mengaktifkan/menonaktifkan output ke motor dan servo. Sakelar mengontrol status "*Safety*" pada kendaraan, Saat dalam kondisi ini, motor dicegah untuk beroperasi, kondisi *error* *pre-arm* dihasilkan untuk mencegah *arming* secara tidak sengaja, dan PWM output servo dinonaktifkan. Safety switch menggunakan 3 pin konektor DF13 yang dihubungkan pada port “*switch*” di ardupilot (*pixhawk*) seperti yang terlihat pada gambar 29



Gambar 29 Penyambungan Safety switch ke Pixhawk

(Sumber : Ardupilot.org)

Tombol *safety* terdapat lampu led berkedip yang memiliki arti informasi tertentu, diantaranya :

1. Berkedip konstan : sistem sedang diinisialisasi
2. Berkedip sesekali : sistem siap tetapi dalam status "Keamanan". tekan sakelar pengaman untuk mengaktifkan output ke motor dan permukaan kontrol jika sudah dipersenjatai, atau untuk membatalkan kondisi error pre-arm yang mencegah untuk arming.
3. Solid - sakelar pengaman telah ditekan, motor dan servo dapat bergerak setelah kendaraan *arming*.

Pada pembahasan perancangan drone penyemprotan cairan pestisida kali ini memerlukan beberapa perangkat elektronik tambahan lainnya untuk melakukan penyemprotan cairan pestisida otomatis, perangkat tambahan yang digunakan diantaranya :

## *Ground Controll Station* (GCS)

*Ground Control Station* (GCS)adalah pusat komando dan kontrol untuk pesawat yang dikendalikan dari jarak jauh. GCS merupakan aplikasi perangkat lunak yang dijalankan berbasiskan darat yang berkomunikasi dengan UAV melalui telemetri nirkabel. GCS menampilkan data waktu nyata tentang kinerja dan posisi UAV. GCS juga dapat digunakan untuk mengontrol UAV dalam penerbangan, mengunggah perintah misi baru dan mengatur parameter. Ini sering juga digunakan untuk memantau aliran video langsung dari kamera UAV

* 1. ***Software Mission* *Planner***

*Mission Planner* adalah perangkat lunak atau *software* yang digunakan untuk merancang, mengatur, dan memantau misi penerbangan atau eksplorasi dalam penerbangan UAV. *Mission Planner* merupakan stasiun kontrol darat yang digunakan untuk Pesawat, *Copter*, dan *Rover*. *Mission Planner* dapat digunakan sebagai utilitas konfigurasi atau sebagai suplemen kontrol dinamis untuk kendaraan otonom.



Gambar 30 Tampilan Mission Planner

(Sumber : Ardupilot.org)

* 1. **Menghubungkan *Mision Planner* Dengan *Ardupilot***

Untuk menghubungkan *Mission Planner* dengan Ardupilot, pertama-tama harus memilih metode/saluran komunikasi yang ingin digunakan menggunakan komunikasi radio telemetri atau komunikasi USB serial dengan protokol komunikasi *mavlink*, lalu menyiapkan perangkat keras fisik dan driver perangkat *Windows*. untuk menghubungkan PC dan autopilot menggunakan kabel USB, Radio Telemetri, Bluetooth, koneksi IP, dll.

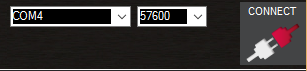
 

(a) Menggunakan USB Serial (b) Menggunakan Radio Telemetry

Gambar 31 Menghubungkan Mission Planner ke Ardupilot

(Sumber : Ardupilot.org)

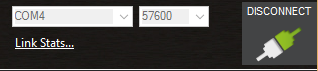
Koneksi dan kecepatan data Mission Planner diatur menggunakan kotak drop-down di bagian kanan atas layar seperti pada gambar 35 berikut.



Gambar 32 Tombol Connect Mission Planner

(Sumber : Ardupilot.org)

Setelah memasang USB atau *Radio Telemetri*, *Windows* akan secara otomatis menetapkan nomor port COM pada autopilot, dan akan ditampilkan di menu drop-down. *Baudrate* yang sesuai untuk koneksi juga diatur (biasanya kecepatan data koneksi USB adalah 115200 dan kecepatan koneksi radio adalah 57600). Pilih *port* dan *Baudrate* yang diinginkan lalu tekan tombol *CONNECT* untuk terhubung ke autopilot. Setelah terhubung, *Mission Planner* akan mendownload parameter dari autopilot dan tombol akan berubah menjadi DISCONNECT seperti yang ditunjukkan pada gambar 36:



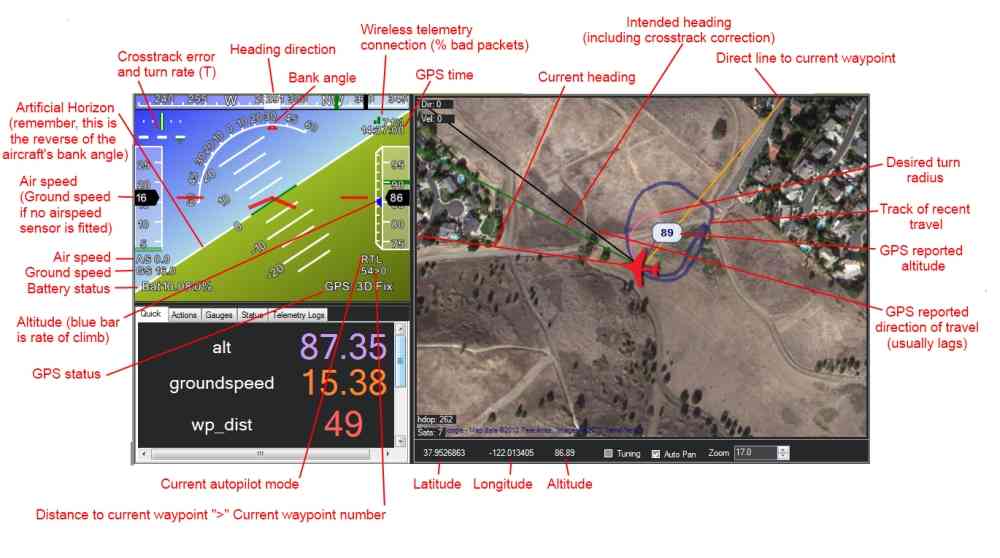
Gambar 33 Tombol Disconnect Mission Planner

(Sumber : Ardupilot.org)

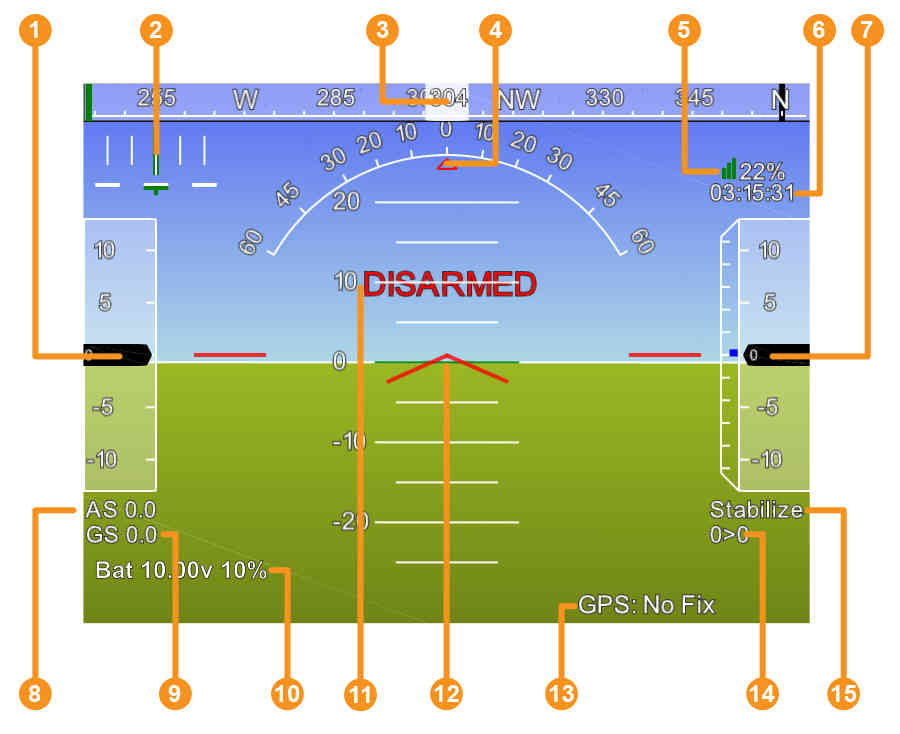
* 1. **Fitur *Mission Planner***

. Bagian fitur mission planner disusun untuk mencocokkan bagian utama perencana misi seperti yang dipilih dalam menu di sepanjang bagian atas jendela perencana misi. Fitur *mission planner* dirincikan di setiap bagian berikut

1. ***Fligh Data***



(a) Tampilan utama *Heads-up Display* (HUD)



(b) Tampilan detail *Fligh Data* *Heads-up Display* (HUD)

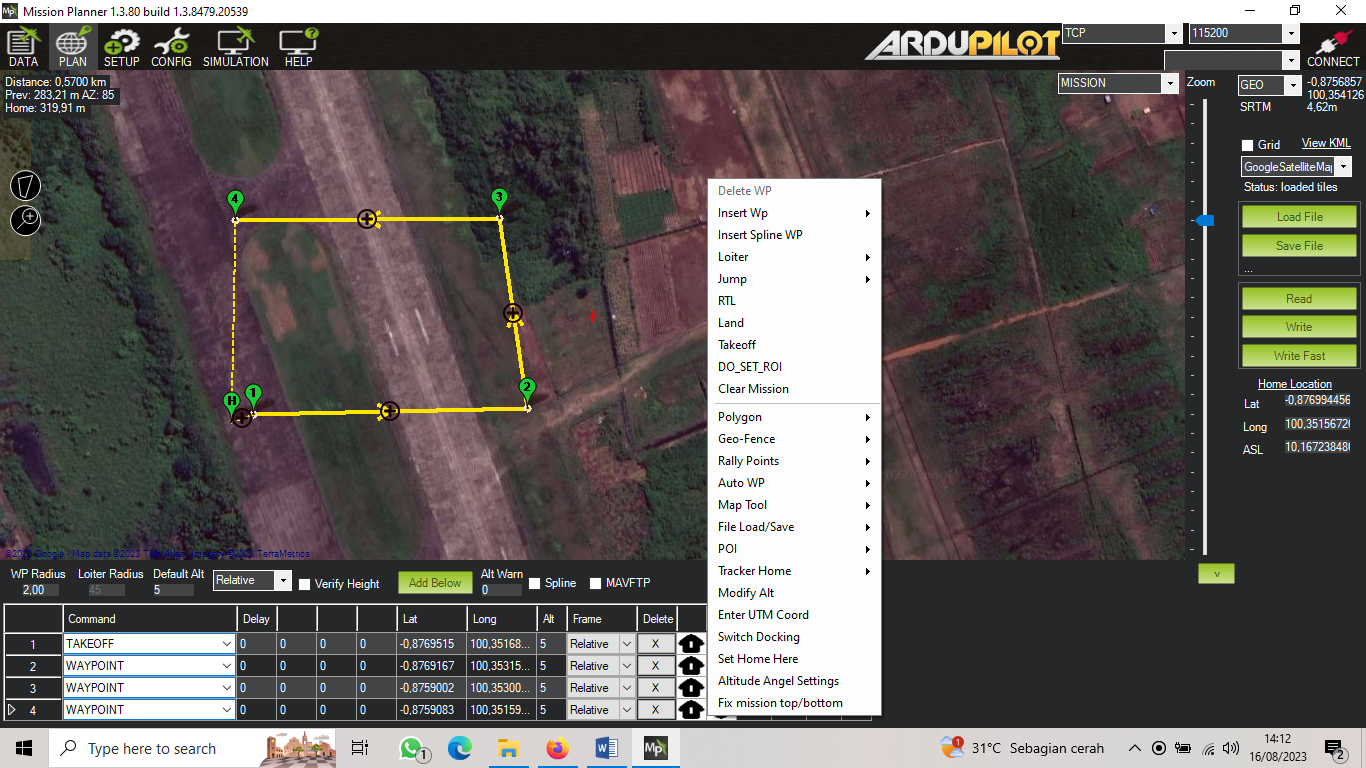
Gambar 34 Heads-up Display (HUD)

(Sumber : Ardupilot.org)

Tampilan pada gambar diatas merupakan tampilan utama “*Heads-up Display* (HUD)” dari *Ground Station* pada *Mission Planner* (a) dan tampilan HUD Mission Planner dengan grafik legend (b) :

1. Airspeed (Groundspeed if no airspeed sensor is fitted)
2. Crosstrack error and turn rate (T)
3. Heading direction
4. Bank angle
5. Telemetry connection link quality GPS time
6. Altitude (Blue bar is the rate of climb)
7. Airspeed
8. Groundspeed
9. Battery status
10. Artificial Horizon
11. Aircraft Attitude
12. GPS Status
13. Distance to Waypoint > Current Waypoint Number
14. Current Flight Mode
15. **Flight Plan**

Bagian ini mencakup apa yang akan dilakukan saat berada di layar rencana penerbangan pada *Mission Planner*. *Flight Plan* dipilih di menu di bagian atas aplikasi *Mission Planner*. Bagian ini menyediakan perencanaan dan pelaksanaan rencana penerbangan yang disebut misi.



4

3

2

1

Gambar 35 Tampilan Rencana Penerbangan

(Sumber : Aplikasi Mission Planner)

Gambar 38 menunjukkan tampilan pada menu *Flight Plan* pada *mission planner*. Fitur flight plan memiliki beberapa menu untuk mengatur navigasi kendaraan yaitu :

1. Menampilkan jarak dari HOME sampai *waypoint* terakhir, *distance* menampilkan jarak dari waypoint yang terakhir masuk dan total jarak perjalanan misi
2. Menampilkan daftar *waypoints* untuk misi. Di menu ini berfungsi untuk mengatur *WPradius*, *Loiter Radius*, dan ketinggian *default* untuk *waypoint*. Ketinggian dapat dimasukkan dalam Relatif (di atas ketinggian HOME), Absolute (ASL), dan *Terrain*.
3. Tampilan perencana misi akan menampilkan posisi lintang dan bujur kursor mouse, ASL-nya (dari SRTM, yaitu Terrain, data). kita dapat memilih penyedia peta yang berbeda, Muat atau simpan file *waypoint*, Baca atau menuliskan misi ke autopilot. Selain itu, detail posisi HOME di peta juga ditampilkan.
4. Menu klik kanan pada kursor diantaranya :
5. Delete WP : digunakan untuk menghapus waypoint
6. Insert WP : menambahkan waypoint ke daftar misi di lokasi kendaraan saat ini.
7. Insert Spline WP : menambahkan titik arah spline pada posisi mouse saat ini ke dalam daftar misi.
8. Loiter : Menambahkan waypoint *Loiter* ke misi di kursor
9. Lompat: Menambahkan perintah JUMP ke misi
10. RTL: Menambahkan RTL ke misi di kursor
11. Land : Menambahkan titik *Landing* ke misi di kursor
12. Take off: Menambahkan titik Lepas Landas ke misi di kursor
13. DO\_SET\_ROI: Menambahkan perintah misi SET\_ROI
14. Clear Mission : Menghapus misi yang ditampilkan, tetapi hanya di ruang workspace
15. **Inisialisasi SETUP *Mission Planner***

Bagian dari *Mission Planner* yang dipanggil dari item menu SETUP pada bagian atas *Mission Planner* memiliki beberapa subbagian. Subbagian adalah tempat untuk mengatur dan mengonfigurasi autopilot untuk menyiapkannya kendaraan yang akan diaktifkan. Biasanya bagian ini adalah tindakan yang diperlukan sebelum penerbangan pertama.

1. **Konfigurasi dan Penyesuaian *Mission Planner***

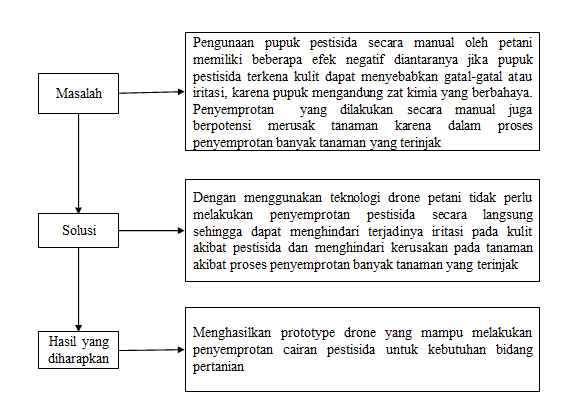
Bagian dari Perencana Misi ini, dipanggil oleh item menu CONFIG di bagian atas *Mission Planner*, menu CONFIG memiliki beberapa subbagian. Subbagian adalah tempat mengonfigurasi parameter yang mengontrol cara autopilot mengontrol kendaraan.

1. **Penelitian Relevan**

Pada penelitian ini, mengacu pada penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini. Berikut ini beberapa hasil penelitian relevan yang dijadikan bahan telaah bagi peneliti.

1. Penelitian (Hidayat et al., 2019) dengan judul “*Rancang bangun Prototype Drone Penyemprot Pestisida Untuk Pertanian Padi Secara Otomatis*” menyimpulkan bahwa berdasarkan hasil pengujian dan data yang diperoleh dengan menggunakan sumber batterai berkapasitas 2200mAh, *drone* frame quadcopter dapat terbang selama kurang dari 3 menit 46 detik ketika beban *drone* sebesar 1,3kg dan ketika beban *drone* sebesar 2,5kg *drone* hanya dapat terbang selama kurang lebih 1 menit 45 detik
2. Penelitian (Taufik et al., 2022) dengan judul “*Drone Untuk Deteksi Hama dan Penyemprotan Pestisida Pada Tanaman Padi*” melakukan uji penyemprotan dengan menerbangkan *drone* di atas karton pada ketinggian ±1 meter hingga ±1,5 meter. Kemudian modul relay akan diaktifkan selama 20 detik dengan menjalankan program yang telah dibuat pada raspberry pi, sehingga pompa wiper akan menyemprotkan cairan.
3. Penelitian (Widiasari & Este Dulan Agustinus S., 2020) dengan judul “*Rancang Bangun Drone Quadcopter Tanpa Awak Penyiram Pupuk Tanaman*” Menyimpulkan bahwa daya angkat *drone* quadcopter mampu mengangkat beban dengan stabil dari berat 200-600 ml. Dengan berat maksimum yang dapat diangkut oleh *drone* *quadcopter* sebesar 600 ml pada lahan pertanian seluas 30m2 dengan ketinggian 2-3 meter
4. Penelitian (Yallappa, D. et al., 2017) dengan judul “*Development and Evalution of Drone Mounted Sprayer For Pesticide Aplications to Crops*” Melakukan uji penyemprotan *drone* yang dioperasikan pada tanaman kacang tanah dan padi dengan luas lahan 1,15ha dan 1,08ha dengan ketinggian 1 m.
5. **Kerangka Konseptual**

Kerangka konseptual merupakan sebuah pedoman peneliti untuk mengambarkan permasalahan, solusi dan hasil yang diharapkan pada penelitian tugas akhir ini. Penelitian ini memiliki kerangka konseptual yang akan dijelaskan pada gambar 38



Gambar 36 Kerangka Konseptual

# BAB III

**METODOLOGI PERANCANGAN**

Pada BAB ini akan dijelaskan mengenai metode perancangan untuk alat *drone* hexacopter penyemprotan pupuk pestisida. Perancangan dilakukan dari segi perangkat keras (hardware) maupun *software ground station*. Jenis penelitian yang digunakan adalah *research and development* (R&D) dengan menggunakan model *waterfall* yang diawali dengan analisis kebutuhan yaitu dengan mencari referensi dan menyediakan semua kebutuhan mengenai kendaraan udara tanpa awak, berikutnya melakukan perancangan hardware untuk menyediakan dan menganalisis hardware yang diperlukan, perancangan software ground station untuk perencanaan misi pada kendaraan, dan pembuatan serta pengujian alat yang dibuat, terakhir akan dilakukan analisis beserta kesimpulan dari hasil yang telah dilakukan.

1. **Analisis Kebutuhan**

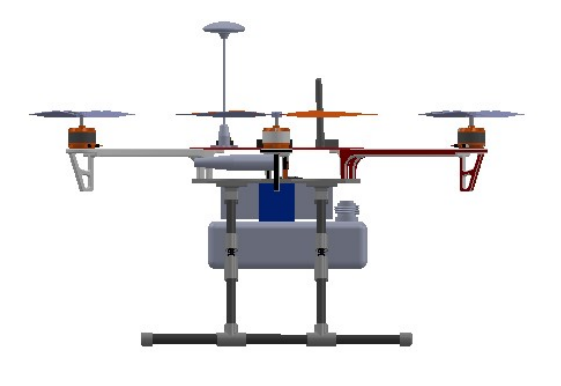
Proses awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi apa saja kebutuhan dalam pembuatan alat ini, maka diperoleh analisis kebutuhan dalam rancang bangun *drone UAV Hexacopter* penyemprot cairan pestisida otomatis yaitu sebagai berikut :

1. Drone ini dibuat untuk keperluan penyemprotan cairan pestisida sebagai pengusir hama pada tanaman pertanian bertujuan agar dapat menghindari tanaman terinjak pada saat melakukan penyemprotan secara manual.
2. Drone yang dibuat kali ini menggunakan konfigurasi hexacopter yaitu dengan menggunakan 6 motor dan 6 propeller sebagai penggerak (*aktuator*).
3. Drone yang dibuat menggunakan ardupilot Pixhawk sebagai kontroller utama drone
4. Perancangan dan pembuatan drone dilakukan di sekretariat Unit Kegiatan Robotika Universitas Negeri Padang.
5. Pengujian alat dilakukan di pangkalan udara TNI Angkatan Udara Lanud Sutan Syahrir Padang.
6. Kebutuhan *Hardware* :
7. Ardupilot Pixhawk sebagai kontroller utama pada penerbangan drone.
8. Motor *brushless* DC dan *propeller* 8045 sebagai penggerak utama drone.
9. Power Distribution Board sebagai pengatur distribusi daya dari batterai untuk disalurkan ke 6 motor penggerak.
10. Baterai Lithium Polimer sebagai sumber tegangan drone
11. Modul GPS SE100 sebagai sensor titik koordinat dan kompas pada drone.
12. Tombol *safety* sebagai pengaman untuk arming motor.
13. *Buzzer* sebagai indikator status kendaraan berdasarkan nada suara.
14. Radio telemetri sebagai modul untuk menghubungkan drone dengan *ground station.*
15. *Radio Remote controller* sebagai kendali manual jika terjadinya kesalahan (*failsafe*).
16. Laptop sebagai monitoring penerbangan drone dari *ground controll station*.
17. Kebutuhan Software :
18. *Software Mission Planner* merupakan aplikasi yang digunakan sebagai sistem monitoring status penerbangan drone di *ground station*
19. *Software Solidworks* merupakanperangkat lunak desain dan pemodelan parametrik 3D yang sering digunakan pada industri manufaktur, rekayasa, dan desain produk. Pada pembahasan ini *software solidworks* digunakan untuk pembuatan perancangan desain sistem pada drone.
20. **Perancangan Hardware**

Perancangan *hardware* berfungsi untuk mengidentifikasi peralatan dan bahan yang akan digunakan. perancangan desain alat menggunakan aplikasi desain pada desktop yaitu Solidworks. Pada tahapan ini berfungsi untuk membuat desain bentuk jadi alat yang akan dibuat, mulai dari pembuatan bagian-bagian pada *drone* hingga desain perakitan *drone* yang akan digunakan.

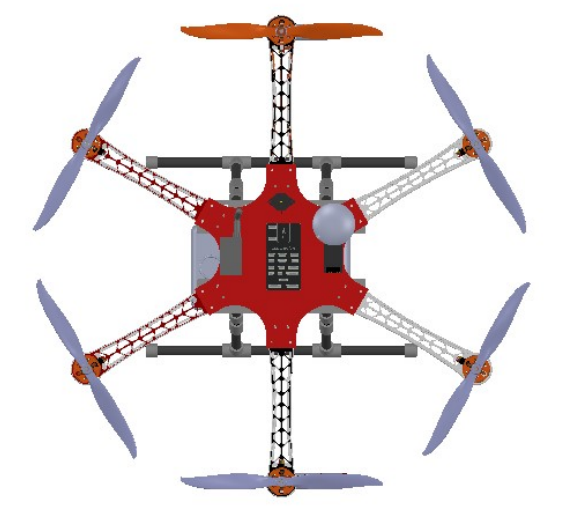
1. **Desain Rancangan Alat**

Desain rancangan alat yang akan dibuat yaitu berupa drone hexacopter dengan menggunakan 6 motor sebagai penggerak. Untuk desain perancangan alat terlihat seperti pada gambar 38 berikut



*(b) Tampilan Samping*

*(a) Tampilan depan*



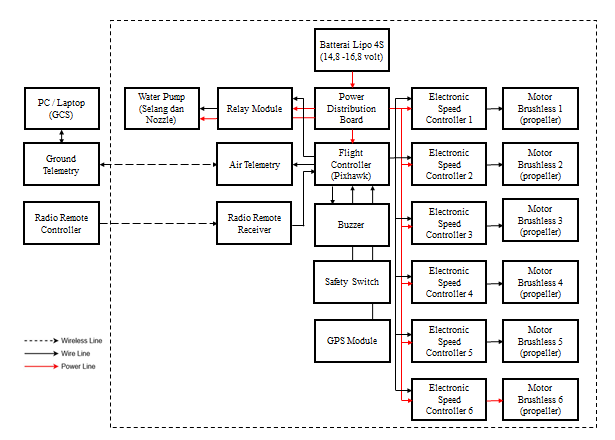
*(c) Tampilan Atas*

Gambar 37 Tampilan desain alat

Drone hexacopter yang akan dibuat menggunakan *body frame* DJI hexacopter F550 berbahan serat kabon yang kuat dan ringan dan landing *gear* sebagai penopang *drone* tersebut untuk berdiri.

1. **Diagram Blok Sistem**

Perencanaan alat dibuat dalam bentuk diagram blok. Tiap blok atau sub sistem mempunyai fungsi masing masing, yang kemudian akan digabungkan menjadi suatu alat yang utuh, dan dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Diagram blok sistem ditunjukkan pada Gambar 39



Gambar 38 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan pada gambar 39 dari masing-masing blok diagram memiliki fungsi sebagai berikut :

1. Batterai lipo digunakan sebagai sumber daya untuk menyalakan setiap komponen yang digunakan
2. *Power Distribution Board* (PDB) digunakan sebagai pengatur pendistribusian daya untuk 6 motor penggerak dan komponen lain yang digunakan.
3. *Flight controller* merupakan kontroller utama pada *drone* yang digunakan sebagai sistem navigasi dan pengatur arah terbang *drone*. pada flight controller terdapat beberapa sensor yang digunakan untuk memperoleh data penerbangan pada *drone* diantaranya : *accelerometer*, *barometer*, dan sensor kompas.
4. *Electronic Speed Controller* (ESC)digunakan sebagai mengatur kecepatan rotasi motor berdasarkan nilai sinyal PWM yang diterima dari *Flight Controller*
5. *Motor brushless* digunakan sebagai penggerak pada *drone* dengan di pasangkan propeller, propeller yang berputar akan menghasilkan gaya dorongan yang berawanan dengan arah gravitasi agar *drone* dapat terbang diudara.
6. Telemetri digunakan untuk menghubungkan *drone* dengan aplikasi ground station. Telemetri juga berfungsi sebagai monitoring sistem navigasi dari *drone* yang ditampilkan pada ground station.
7. Remote controller digunakan untuk pengendali *drone* yang dilakukan secara manual saat terjadi kesalahan navigasi pada *drone*.
8. Relay berfungsi sebagai saklar (switch) untuk menyalakan dan mematikan water pump yang digunakan sebagai penyemprotan pestisida cair.
9. **Desain Rinci**

Pada penelitian ini terdapat tahap perancangan hardware yang memerlukan beberapa komponen penyusun drone seperti : *Ardupilot Pixhawk*, *radio telemetri*, GPS *module*, *Power Distribution Board* (PDB), *Electronic Speed Controller* (ESC), *Brushless DC Motor* (BLCD), *Radio Remote Controller* (RC), *Li-Po Battery*, dan frame DJI Hexacopter F550.

Tahapan ini diawali dengan menyadiakan seluruh perangkat yang dibutuhkan dan menyusun skema rangkaian elektronik yang akan dibuat. hal ini berguna untuk tahapan penyusunan tata letak komponen nantinya, sehingga komponen dapat diposisikan dengan rapi dam terstruktur. Desain sistem secara sinci meliputi :

1. *Wiring* *Diagram*

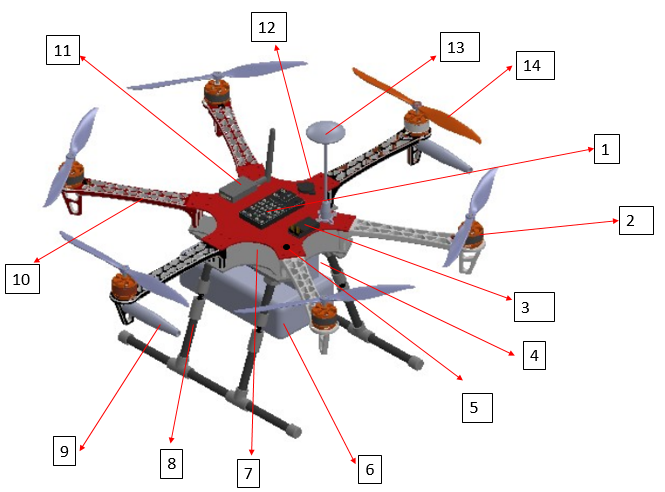
Wiring diagram adalah representasi grafis dari susunan dan konektivitas kabel, penghubung, dan komponen elektrikal dalam sebuah sistem atau perangkat listrik. Pada penelitian kali ini, tahap wiring diagram merupakan proses penyusunan dan penyambungan kabel antar komponen yang ada pada sistem drone hexacopter penyemprotan cairan pestisida.



Gambar 39 Wiring Diagram Sistem

1. Susunan Desain Alat

Pada tahapan penyusunan alat ini berfungsi untuk menyusun serta mengurutkan tempat peletakan setiap komponen yang digunakan. Desain alat pada penelitian ini dirakit dan disusun seperti pada gambar 41 berikut.



Gambar 40 Bagian dan Tata Letak Komponen Drone

Keterangan :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. Pixhawk | 1. Tangki Pestisida | 1. Telemetri |
| 1. Motor Brushless | 1. PDB | 1. Buzzer |
| 1. Receiver | 1. Kaki *Drone* | 1. GPS Module |
| 1. Batterai | 1. Nozzle Sprayer | 1. Propeller |
| 1. Safety Switch | 1. ESC |  |

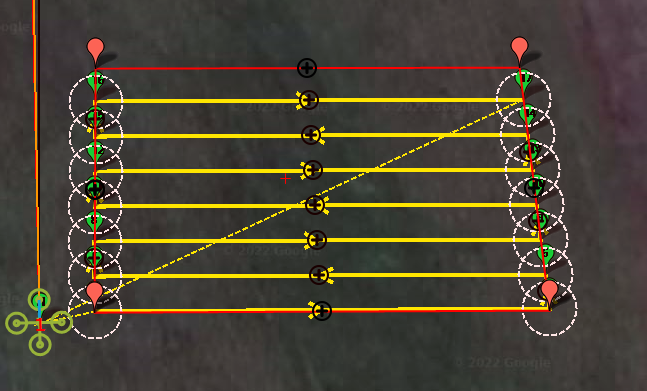
1. **Perancangan** **Software**

Setelah memastikan rancangan perangkat keras (*hardware*) telah dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka tahap selanjutnya yaitu tahap perancangan perangkat lunak (*software*). Pada perancangan ini peneliti melakukan pembuatan perencanaan misi penerbangan menggunakan *software mission planner*

1. **Perencanaan Misi**

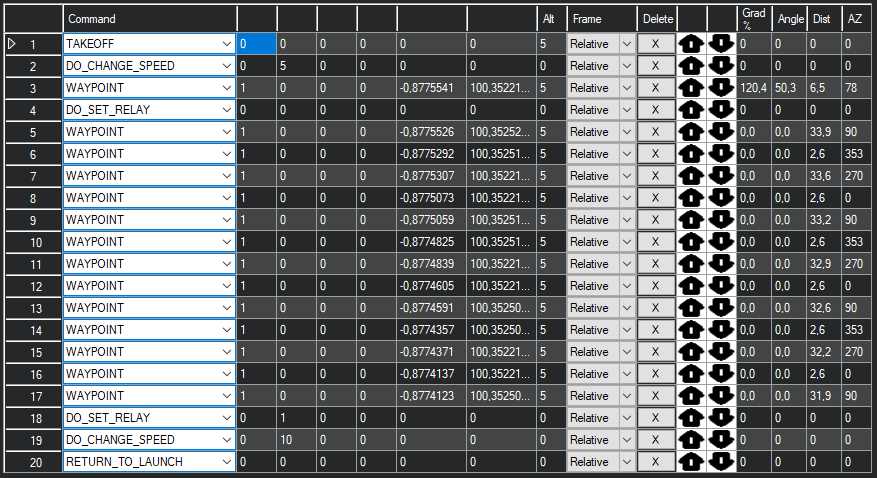
Perencanaan misi dilakukan untuk melakukan dan menyusun perintah navigasi pada penerbangan. Perencanaan misi dilakukan pada GCS dengan menggunakan aplikasi *mission planner* pada fitur “*flight plan”*.adapun langkah-langkah untuk membuat perenacanaan misi yaitu :

1. Hubungkan *drone* pada *ground station* dengan koneksi wireless menggunakan komunikasi radio telemetri, kemudian sambungkan dengan *software* *mission planner*
2. Buka fitur flight plan pada aplikasi *mission planner* kemudian buat perencanaan misi pada map sesuai yang diperlukan.
3. Upload perintah perencanaa misi dengan cara menekan button “write” dan untuk menampilkan perencanaan misi pada flight data dengan cara menekan button “read” pada flight plan mission panner. Untuk misi yang diberikan pada peelitian ini terlihat seperti gambar 42.



Gambar 41 Mapping Perencanaan misi

Gambar 42 menunjukkan perintah mapping sistem navigasi perencanaan misi pada *ground station* untuk menjalankan perintah navigasi pada *drone* yang diawali dengan takeoff, menuju WP1, menyalakan water pump, drone terbang sesuai misi, dan yang terakhir kembali ke posisi awal dan landing. Untuk urutan perencanaan misi seperti yang terlihat pada gambar tabel 43 berikut.



Gambar 42 Tabel Perintah Perencanaan misi

1. **Diagram Alir (*Flowchart*)**

Diagram alir biasa disebut dengan *flowchart* adalah representasi grafis dari urutan langkah-langkah atau proses dalam sebuah sistem, algoritma, atau pekerjaan. *Flowchart* digunakan untuk memvisualisasikan aliran informasi, keputusan, atau tugas dari awal hingga akhir. *Flowchart* yang dirancang untuk perancangan tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 43 berikut :



Gambar 43 Flowchart Perencanaan Misi Drone

Pada flowchart diatas menjelaskan algoritma dan urutan-urutan perencanaan misi pada penerbangan drone. berikut adalah penjelasan mengenai urutan-urutan flowchart :

1. Arming :