

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Unmanned Area Vehicle (UAV)*

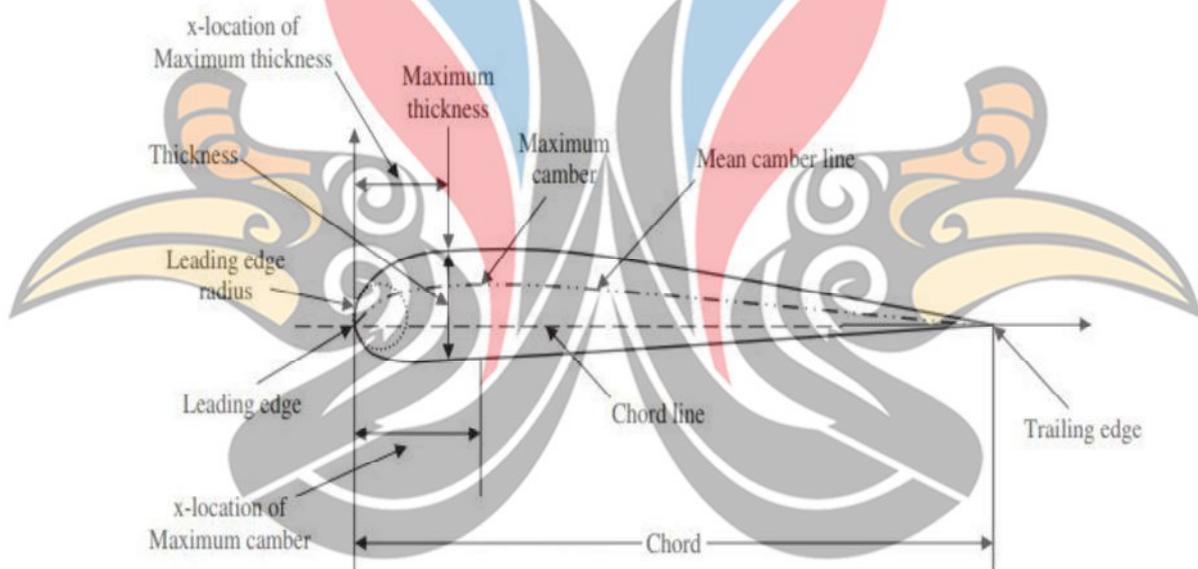
Drone adalah pesawat tanpa awak yang dikendalikan dari jarak jauh. Pesawat tanpa awak atau UAV adalah sebuah mesin terbang yang dengan kendali jarak jauh oleh pilot atau mampu mengendalikan dirinya sendiri, hukum aerodinamika yang digunakan untuk penjelasan teoritis, untuk mengangkat dirinya dan mampu membawa muatan baik senjata maupun muatan lainnya. Dahulu mungkin orang lebih mengenal UAV digunakan oleh militer untuk memata-matai musuh di daerah konflik. Secara garis besar penggunaan dari pesawat tanpa awak ini adalah dibidang militer (Saroingsong, 2018).

Drone merupakan pesawat tanpa seorang pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui sebuah program komputer yang dirancang, atau melalui kendali jarak jauh dari pilot yang berada di daratan atau di kendaraan lainnya. Awalnya UAV merupakan pesawat yang dikendalikan jarak jauh, namun sistem otomatis kini mulai banyak diterapkan. Perkembangan teknologi membuat drone juga mulai banyak diterapkan untuk kebutuhan sipil, terutama di bidang bisnis industri dan logistik. Dalam dunia bisnis, *drone* telah diterapkan dalam berbagai layanan seperti pengawasan, infrastruktur, pengiriman paket barang, pemadam kebakaran hutan, eksplorasi bahan tambang, pemetaan daerah pertanian, dan pemetaan daerah industri (Suroso, 2016).

Berdasarkan jenisnya, terdapat dua jenis drone, yaitu *multicopter* dan *fixed wing*. *Fixed wing* memiliki bentuk seperti pesawat terbang yang dilengkapi sistem sayap. Tipe *fixed wing* diperlukan desain aerodinamika pada sayap dan badannya sehingga perancangannya cukup rumit. *Multicopter* yaitu jenis drone yang memanfaatkan putaran baling-baling untuk terbang seperti *Multicopter* dibagi menjadi dua yaitu *single-rotor* dan *multi-rotor*. Tipe *single-rotor* berbentuk seperti helikopter dengan digunakannya baling-baling tunggal, sedangkan *multi-rotor* menggunakan 3 sampai 8 baling-baling (Suroso, 2016).

2.2 Airfoil

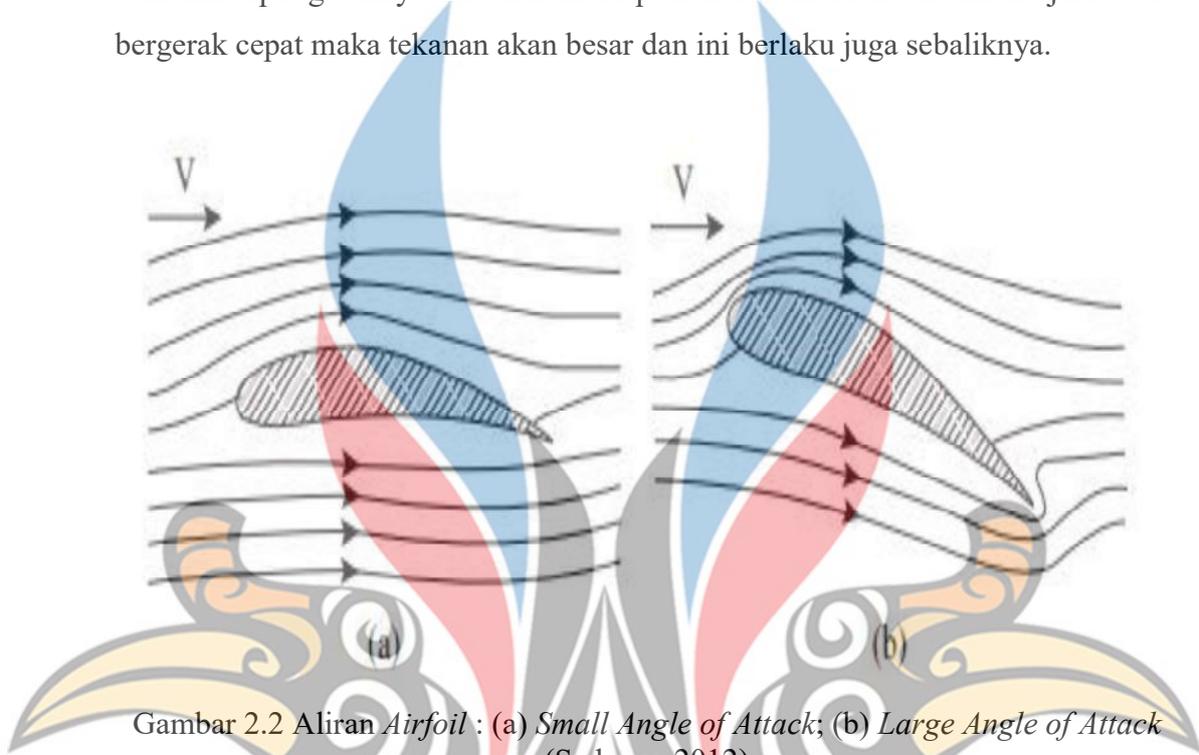
Bagian sayap yang dipotong oleh pesawat yang sejajar dengan sebuah bidang xz pesawat disebut *airfoil*. Biasanya terlihat seperti bagian *camber* positif dengan bagian yang lebih tebal di depannya. Bentuk *airfoil* yang bergerak di udara akan memiliki tekanan berbeda di atas *airfoil* dan di bawahnya. Bagian-bagian *airfoil* ditunjukkan pada gambar 2.1, dimana beberapa parameter geometris diilustrasikan. Jika *camber* berbentuk garis lurus, maka *airfoil* tersebut disebut sebagai *symmetric airfoil*, kalau tidak disebut *cambered airfoil*. Biasanya *Cambered airfoil* bernilai positif, tekanan statis di atas *airfoil* akan kurang tapi udara yang mengalir cepat pada bagian bawah permukaan tekanan statis akan besar tapi aliran udara yang lewat akan melambat (Sadraey, 2012).



Gambar 2.1 *Airfoil Geometric Parameter* (Sadraey, 2012)

Leading edge diartikan sebagai bagian depan dari *airfoil*, sebaliknya *trailing edge* diartikan sebagai bagian belakang dari *airfoil*. *Chord* adalah panjang dari keseluruhan *airfoil*, *mean camber line* adalah garis rata-rata dari permukaan atas dan bawah *airfoil*. *Maximum camber* diartikan sebagai jarak antara *mean camber line* dan *chord line*, *maximum thickness* diartikan sebagai jarak antara permukaan bawah dan atas *airfoil*. *X-location of maximum camber* diartikan sebagai letak *maximum camber* ditinjau dari *leading edge* dan sepanjang *chord line*, begitu pula untuk *x-location of maximum thickness*. *Leading edge radius* diartikan sebagai radius lingkaran pada bagian *leading edge* (Sadraey, 2012).

Jika diperhatikan, tekanan di sekitar *airfoil* akan dipengaruhi *angle of attack*. Pada gambar 2.2, semakin besar sudut maka tekanan akan semakin besar juga. Tetapi kecepatan aliran udara yang melewati permukaan atas *airfoil* akan semakin cepat gerakannya. Ini akan menciptakan hukum bernouli dimana jika udara bergerak cepat maka tekanan akan besar dan ini berlaku juga sebaliknya.



Gambar 2.2 Aliran Airfoil : (a) *Small Angle of Attack*; (b) *Large Angle of Attack* (Sadraey, 2012)

2.3 *Lift dan Drag*

Ketika sebuah benda padat ditempatkan didalam aliran fluida dan sebuah situasi *nonsymmetrical* terjadi, arah gaya yang terjadi tidak sesuai aliran yang akan terjadi perbedaan tekanan. Prinsip yang digunakan inilah penyebab pesawat dapat terbang (Garg & Soni, 2016).

Gaya aerodinamis yang dihasilkan pada sebuah *airfoil* dapat menjadi sebuah *lift* (L) yang tegak lurus terhadap arah aliran dan juga *drag* (D) yang terjadi pada arah aliran. Dalam penerbangan tingkat kestabilan harus diperhatikan, hambatan akan diimbangi oleh dorongan mesin dan gaya angkat harus sama atau lebih dengan bobot pesawat. Gaya-gaya ini diekspresikan secara *dimensional* dengan mendefinisikan *coefficient lift* (C_L) dan *coefficient drag* (C_D). Persamaan dapat dituliskan sebagai berikut (Garg & Soni, 2016) :

www.itk.ac.id

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} \quad \text{www.itk.ac.id} \quad (2.1)$$

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2} \rho v^2 S} \quad (2.2)$$

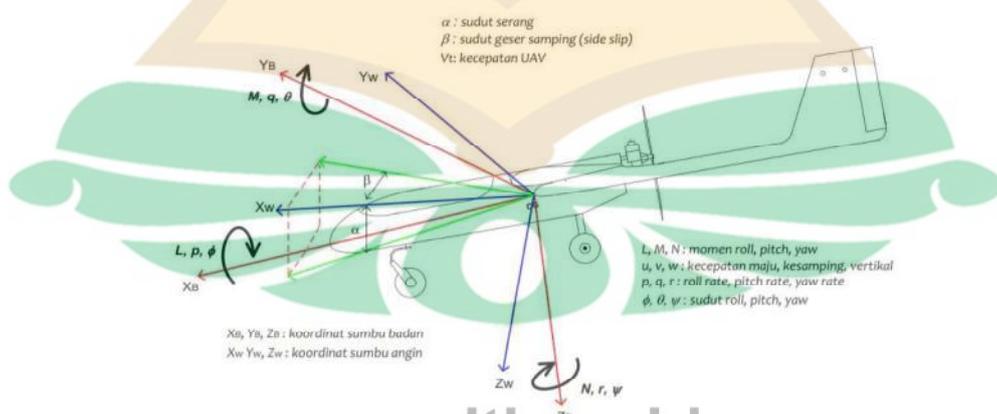
Pada operasi penerbangan reguler terdiri dari beberapa fase, yaitu *Take-off*, *climb*, *cruise*, berbelok, manuver, *descent*, *approach* dan *landing*. Fungsi optimum sebuah *airfoil* adalah dalam fase *cruise*, sebagian besar waktu penerbangan dihabiskan pesawat pada fase ini. Pada saat terbang jelajah, *lift* (L) sama dengan berat pesawat (W) dan *drag* (D) sama dengan *thrust* (T). Jadi sayap harus menghasilkan *coefficient lift* yang memadai dan *coefficient drag* minimum. Jadi dua persamaan yang mengatur untuk terbang jelajah adalah (Sadraey, 2016) :

$$L = W \rightarrow \frac{1}{2} \rho V^2 S C_L \quad (2.3)$$

$$D = T \rightarrow \frac{1}{2} \rho V^2 S C_D \quad (2.4)$$

2.4 Control Surface

Enam derajat kebebasan (6 DoF) gerak pesawat terbang terdiri dari 3 arah gerak translasi (*vertikal*, *horizontal* dan *transversal*) dan 3 arah gerak rotasi (*pitch*, *yaw*, *roll*). Untuk terhindar dari kompleksitas permodelan matematikanya, maka diasumsikan bahwa gerakan pesawat punya deviasi cukup kecil terhadap kesetimbangan, dan gerak pesawat dibedakan dalam dua kelompok yaitu gerak *longitudinal* dan gerak *lateral* (Purwanto, 2013).



Gambar 2.3 Enam Derajat Kebebasan (Purwanto, 2013)

Gerakan pesawat ke arah sumbu lateral akan mendapat gangguan terhadap keadaan setimbang berupa kombinasi dari *rolling*, *yawing* dan gerak *sliding*. Jadi interaksi antara *roll* dan *yaw* menghasilkan gerakan kopel yakni pesawat berbelok sambil memiringkan badannya.

2.5 Altitude

Altitude adalah jarak *vertikal* di atas sebuah titik atau level yang dipakai sebagai patokan atau referensi. Ada banyak faktor yang berperan dalam penentuan ketinggian, termasuk jarak vertikal di permukaan laut dan di atas permukaan tanah, serta tekanan dan kepadatan (boldmethod.com, 2019)

Dalam ilmu penerbangan terdapat tipe-tipe dari *altitude* yang digunakan. Terdapat lima tipe *altitude*, yaitu :

2.5.1 Indicated Altitude

Altitude yang ditunjukkan dan terbaca langsung pada altimeter atau sensor pengukur ketinggian (flyingmag.com, 2017).

2.5.2 True Altitude

Altitude yang sebenarnya, ketinggian yang dikoreksi untuk kondisi atmosfer yang tidak standar. Ini adalah ketinggian aktual di atas permukaan laut rata-rata, seolah diukur dengan meteran (flyingmag.com, 2017).

2.5.3 Absolute Altitude

Absoulute altitude adalah pengukuran jarak pesawat di atas tanah. Ini adalah ketinggian aktual diukur dari atas permukaan tanah (flyingmag.com, 2017).

2.5.4 Pressure Altitude

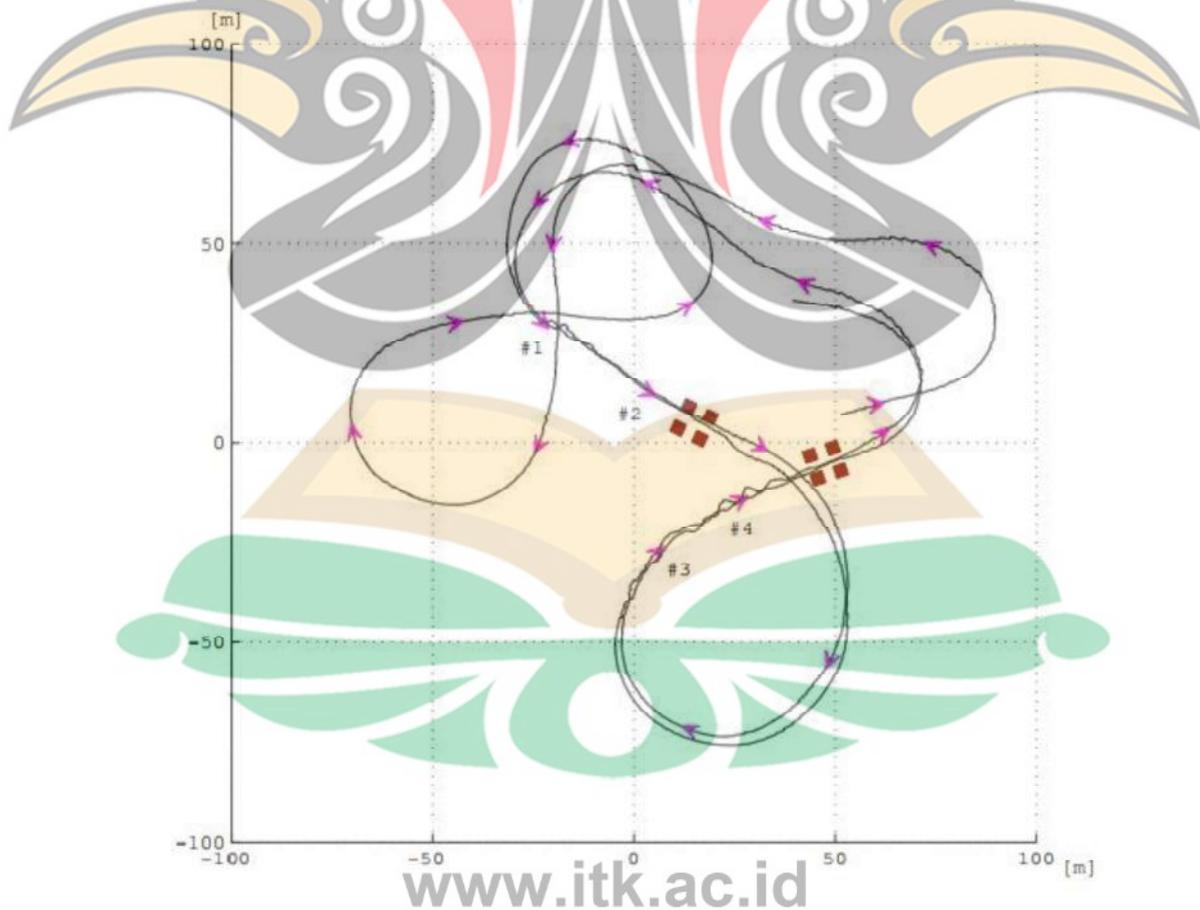
Altitude yang ditunjukkan *altimeter* ketika telah diatur ke 29.92 dan terbang pada ketinggian tekanan standar. Ini adalah ketinggian pesawat di atas datum standar dengan lokasi teoritis 15°C. Ketinggian ini dapat ditentukan dengan menerapkan faktor koreksi ke ketinggian yang ditunjukkan dan kan ditampilkan ketika diatur ke pengaturan *altimeter* yang dilaporkan. Pengaturan pada *altimeter* akan sama dengan 29,92 inch Hg (flyingmag.com, 2017).

2.5.5 Density Altitude

Density altitude adalah ketinggian tekanan yang dikoreksi untuk suhu yang tidak standar. Gaya angkat pada pesawat dipengaruhi oleh massa udara. Jika pada bagian atas sayap lebih sedikit dialiri massa udara maka gaya angkat akan berkurang dan begitu juga sebaliknya (flyingmag.com, 2017).

2.6 Manuver

Skema saat pesawat bermanuver terdiri dari 2, yaitu manuver *lateral* dan *longitudinal*. Untuk manuver *lateral*, pesawat bergerak menuju gerbang perencanaan yang digunakan dengan pengambilan batasan *visibilitas* target. Ketika kendaraan masuk ke wilayah tujuan *visibilitas*, kendaraan saat terbang akan mulai dipandu garis lurus. Untuk manuver *longitudinal*, ketinggian untuk setiap gerbang virtual tidak dispesifikasikan secara ketat tetapi ketinggian penerbangan dipertahankan antara batas atas dan bawah untuk mencegah tabrakan ($15m \leq z \leq 25m$) (Hwangbo dan Kanade, 2013).



Gambar 2.4 Bentuk Lintasan Pengujian Manuver (Hwangbo dan Kanade, 2013)

Perubahan arah dalam waktu dekat tidak hanya dibutuhkannya ruang dan waktu untuk berbelok tetapi juga rencana gerak yang disengaja untuk memenuhi arah baru. Bahkan ketika jalur pra-rencana yang layak diberikan, presisi dan kinerja yang dapat dicapai dalam sensor juga dibatasi oleh gangguan angin dan rendahnya kemampuan penginderaan dan kontrol. Kendaraan akan dituntut harus berada di lokasi tertentu pada waktu tertentu, dapat secara signifikan sulit karena karakteristik dinamis sayap tetap tunduk pada sistem yang digerakan dan *non-holonomik* (Hwangbo dan Kanade, 2013).

2.7 Diameter Banking

Diameter banking yang dihasilkan dari simulasi akan menyebabkan pemborosan energi yang tidak perlu dan peningkatan waktu penerbangan. Sistem kontrol *autopilot* harus terdeteksi di rute penerbangan berdasarkan arah target pada saat itu. Sebagian besar bergantung pada posisi target dan kendaraan di waktu yang terus berubah karena kendaraan dalam kondisi penerbangan. Berikut ini adalah perhitungan jarak antara kendaraan dan target titik jalan :

$$a1 = \left(\frac{\sin(lat1 - lat2)}{2} + \cos(lat1) \cos(lat2) \right)^2 + \left(\frac{\sin(lon1 - lon2)}{2} \right)^2 \quad (2.5)$$

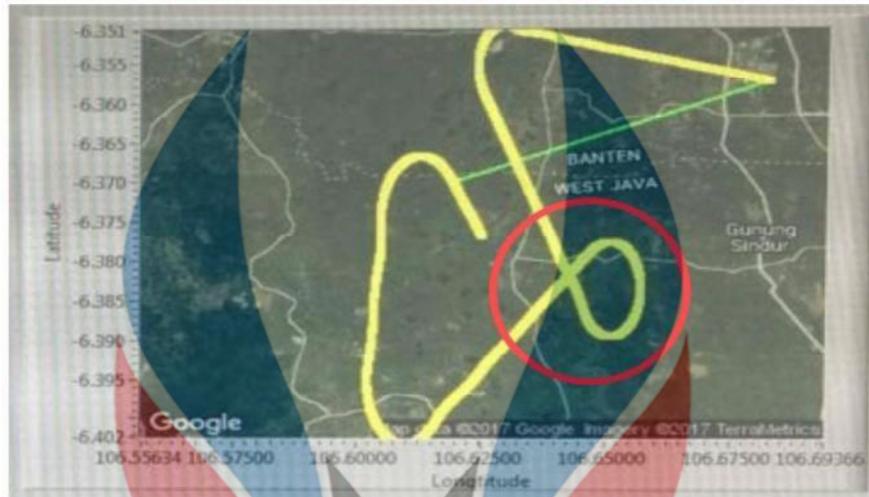
$$a2 = 2 \sin^{-1} \sqrt{a1} \quad (2.6)$$

$$Distance = a2 \cdot 180 \left(\frac{60}{\pi} \right) \text{ Banking diameter} \quad (2.7)$$

Berdasarkan perhitungan jarak di atas, jarak dapat ditentukan dengan menggunakan perhitungan dan simulasi. Jarak yang didapat dari perhitungan dan simulasi adalah *diameter banking* (Irwanto, 2017).

Pengaturan kecepatan saat bermanuver dapat diatur di tiap lintasan, pesawat akan mengikuti kecepatan yang telah diatur. Jika pesawat tersebut ditargetkan untuk terbang dengan kecepatan 250 km/jam, maka pesawat akan melakukan *diameter banking* pada kecepatan itu. Apalagi, jika terdapat manuver yang terlalu sempit lintasannya seperti pada gambar 2.5, kendaraan menjadi berbelok ke kanan yang

seharusnya berbelok ke kiri untuk jarak terdekat. Ini membuktikan bahwa jarak kecepatan dan arah yang tidak akurat saat bermanuver akan memberikan dampak yang tidak efisien dalam kinerja penerbangannya.



Gambar 2.5 Diameter Banking (Irwanto, 2017)

2.8 Mission Planner

Mission planner adalah sebuah perangkat lunak untuk dilakukannya autopilot pesawat terbang, helikopter atau rovers. Perangkat lunak ini sangat kompetibel untuk Windows. Mission planner dapat dipakai untuk kegiatan pemantauan situasi dan kondisi. Mission planner kemudian menerima data dari telemetry agar parameter penerbangan UAV dapat dikontrol (Putera dan Ramdani, 2018).



Gambar 2.6 Tampilan Mission Planner

Beberapa hal yang dapat dilakukan *mission planner* yaitu dapat mengendalikan kendaraan (*autopilot*), mengoptimalkan kinerja, menyimpan dan memuat isi *autopilot* dengan sederhana, serta menganalisis *log* misi dan *simulator* penerbangan. Dengan perangkat *telemetry* yang digunakan dapat memonitor status UAV yang sedang dioperasikan. Semua informasi yang didapat dari *autopilot log onboard* akan direkam, dilihat dan dianalisis oleh *log telemetry* dari *ground station* (Putera dan Ramdani, 2018).

2.9 Pixhawk

Pixhawk adalah sebuah sistem autopilot *advanced* yang dirancang oleh proyek PX4 dan diproduksi oleh 3D Robotika. *Pixhawk* memiliki fitur *processor* canggih dan teknologi sensor ST *Microelectronics* dan sistem operasi *real-time* NuttX, memberikan kinerja yang baik, fleksibilitas dan keandalan untuk mengendalikan setiap kendaraan *autonomous* (Tantomi dkk, 2016).

Pixhawk juga didukung dengan beberapa fitur utama dengan keunggulannya. Berikut adalah keunggulan yang dimiliki *pixhawk* :

1. Memiliki prosesor 32 bit STM32F427.
2. Memiliki output 14 PWM / Servo (8 dengan *failsafe* dan *anual override*, 6 tambahan, kompetibel dengan daya tinggi).
3. Pilihan konektivitas berlimpah untuk *peripheral* tambahan (UART, I2C, CAN).
4. Terintegrasi sistem cadangan untuk pemulihan dalam penerbangan dan *manual override* dengan *processor* yang berdedikasi dan memiliki *power supply* terpisah.
5. Sistem cadangan mengintegrasikan pencampuran, menyediakan *autopilot* konsisten dan petunjuk pencampuran *flight mode* (menggunakan sayap tetap).



www.itk.ac.id

Gambar 2.7 Pixhawk (researchgate.net, 2019)

2.10 CFD

Ilmu mekanika fluida memiliki peran penting dalam dunia industri, pertanian, kedokteran, dan lain sebagainya. Untuk kebutuhan penelitian tersebut bahkan sampai ke tingkat desain, perlu dibutuhkan suatu alat yang mampu menganalisis atau memprediksi dengan cepat dan akurat. Maka berkembanglah suatu ilmu yang dinamakan *Computational Fluid Dynamic* (CFD).

CFD merupakan suatu sistem analisis yang terdapat aliran fluida, perpindahan panas dan yang berhubungan seperti reaksi kimia menggunakan simulasi berdasarkan komputer. CFD pada perhitungannya metode perhitungan yang digunakan adalah dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan sebuah bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap - tiap elemen pembagiannya, atas prinsip-prinsip dasar mekanika fluida (Fathoni dan Novianto, 2018).

2.11 *Throttle*

Radio controller dikendalikan oleh pemancar radio dari *transmitter* ke *receiver* yang umumnya memiliki dua *joystick* tergantung pada desain *radio controller* tersebut. Sistem yang paling umum digunakan adalah sistem mode 1. Pengontrol mode ini digunakan di *joystick* kiri untuk *throttle* dan *rudder* dan *joystick* sebelah kanan untuk *aileron* dan *elvator* (Dansie, 2004).



Gambar 2.8 *Control 4 Channel* (Dansie, 2004)

Daya dorong yang dihasilkan oleh mesin dan digunakan agar pesawat dapat melaju lebih cepat dan lambat dikontrol oleh *throttle*. Cara kerja *throttle* tergantung

pada jenis mesin yang digunakan, karena mesin yang digunakan memiliki spesifikasi yang berbeda dan akan terjadi peningkatan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi. Posisi sebuah mesin tergantung pada peningkatan throttle yang dapat menyebabkan pesawat menanjak, berguling atau berbelok (Dansie, 2004).

2.12 Jarak Tempuh

Banyak situasi yang terjadi ketika sebuah benda yang bergerak dengan percepatan konstan atau mendekati konstan, yaitu jika percepatan konstan dan gerak melalui garis lurus. Suatu benda yang bergerak itu dikatakan mengalami keadaan gerak lurus berubah beraturan. Untuk mencari jarak dari nilai percepatan dapat menggunakan rumus dibawah ini (Sofyan & Efendi, 2016) :

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.8)$$

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil langsung dari perangkat GPS di *mission planner*. Data garis lintang dan bujur akan diterima *mission planner* kemudian didapatkan data waktu, ketinggian serta kecepatan.

2.13 Penelitian Terdahulu

Pelaksanaan penelitian diperlukan pengkajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya agar dapat dijadikan referensi. Data untuk penelitian ini dapat digunakan dari penelitian sebelumnya untuk dioptimalkan. Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi dalam rancang bangun pesawat tanpa awak ini ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Hasil
1	Sairongsong, Hardy S. Dkk (2018)	Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (<i>Fixed Wing</i>) Berbasis Ardupilot	Perancangan sebuah pesawat tanpa awak <i>fixed wing</i> dengan berbagai metode pengujian yaitu : pengujian arah gerak pesawat, pengujian GPS dan pengujian manuver. Hasil yang didapat berupa jarak maksimal 100

No	Nama dan Tahun Publikasi	Judul	Hasil
			meter. Ketepatan antara gps menggunakan <i>android</i> dengan gps di pesawat. Uji arah gerak pesawat dari transmitter ke <i>control surface</i> pesawat dan hasilnya semua berjalan normal dan sesuai arah ketika terbang
2	Irwanto, Yudhi H. (2017)	<i>Increase Maneuver Performance of High Speed UAV</i>	Didapatkan hasil simulasi menggunakan metode <i>bangking direction</i> pada pesawat RXX-200TJ dengan memvariasikan kecepatan dan hasil <i>diameter bangking</i> . Didapatkan semakin cepat pesawat bermanuver maka <i>diameter bangking</i> akan semakin besar. Jika semakin besar maka akan mengalami kerugian berupa bahan bakar yang akan cepat habis atau kurang efisien.
3	Hwangbo, Myung. dan Kanade, Takeo. (2013)	<i>Maneuver Based Autonomus Navigation of Small Fixed Wing UAV</i>	Didapatkan hasil pengaruh ketinggian terhadap manuver sebuah pesawat. Selain itu, manuver pesawat akan mempengaruhi waktu tempuh. Saat bermanuver pesawat mengalami penurunan <i>altitude</i> dari ketinggian awalnya sekitar 25 m. Jika ini terjadi maka pesawat akan mengalami jarak yang lebih jauh untuk menyelesaikan satu lintasan karena dia harus bergerak menanjak ke posisi terbangnya semula tapi jika ketinggian dibandingkan dengan kecepatan tidak akan berpengaruh besar.