



# **PERANCANGAN SISTEM PENGANTARAN DOKUMEN BERBASIS PESAWAT TAK BERAWAK**

**CARLI APRIANSYAH HUTAGALUNG**



**ILMU KOMPUTER  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



### *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “perancangan sistem pengantaran dokumen berbasis pesawat tak berawak” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, September 2021

Carli Apriansyah Hutagalung  
G651190531



## RINGKASAN

CARLI APRIANSYAH HUTAGALUNG. Perancangan Sistem Pengantaran Dokumen Berbasis Pesawat Tak Berawak. Dibimbing oleh KARLISA PRIANDANA dan KUDANG BORO SEMINAR.

Pengelolaan dokumen di IPB University telah dilakukan melalui sistem manajemen persuratan, namun beberapa dokumen masih perlu dikirim secara manual, seperti dokumen-dokumen yang memerlukan tanda tangan basah untuk legalisasi. Saat ini, dokumen-dokumen tersebut dikirim menggunakan kendaraan berbahan bakar minyak. Namun, transportasi berbahan bakar minyak menghasilkan emisi gas karbon yang mencemari lingkungan sekitarnya. Sebagai salah satu universitas terbaik di Indonesia, IPB University memerlukan inovasi dalam penerapan sistem transportasi yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengantaran dokumen dengan menggunakan *autonomous hexacopter drone* sebagai salah satu alat transportasi yang ramah lingkungan.

Penelitian ini merancang sebuah *autonomous hexacopter drone* yang dapat digunakan untuk mengantarkan dokumen di lingkungan IPB University. *Drone* bertipe *hexacopter* dirancang dengan kendali *autopilot* menggunakan sistem penerbangan *point-to-point* berbasis koordinat GPS. Sistem ini dirancang dengan *microcomputer pixhawk* yang diprogram dengan *software Mission Planner*. Mode penerbangan yang dipilih adalah mode Loiter yang membuat *drone* dapat mempertahankan arah dan posisi saat penerbangan walaupun komunikasi antara *drone* dan *telemetry* terputus. Pada penelitian ini, *drone* juga dilengkapi dengan *placeholder* yang dirancang untuk mampu mengangkat dokumen seberat maksimum 1 kg. Uji coba *drone* pengantar dokumen yang telah dirancang ini dilakukan dengan dua rute perjalanan yaitu dari FMIPA ke FATETA dan dari FATETA ke FMIPA, dan dengan dua variasi beban yaitu 0 kg dan 1 kg. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi akurasi pendaratan *drone* menggunakan *Mean Squared Error (MSE)* dan jarak *Euclidean*.

*Drone* telah berhasil diuji dengan 17 kali penerbangan yang terbagi menjadi 4 bagian, yaitu: 5 data penerbangan untuk beban 0 kg dan 5 data penerbangan beban 1 kg pada rute penerbangan dari FMIPA ke FATETA; dan 5 data penerbangan untuk beban 0 kg dan 2 data penerbangan untuk beban 1 kg pada rute penerbangan dari FATETA ke FMIPA. *Drone* tidak dapat diuji lebih lanjut karena mengalami *crash* pada penerbangan ke-18, akibat dari lepasnya koneksi antara baterai dengan tubuh *drone*. Hasil pengujian dengan 17 data penerbangan menunjukkan bahwa *drone* yang dirancang telah dapat beroperasi dengan baik dengan *error* pendaratan yang masih dapat ditolerir. Rata-rata *error* pendaratan untuk uji terbang tanpa beban dari FMIPA ke FATETA adalah 1,02 m, sedangkan dari FATETA ke FMIPA adalah 0,53 m. Rata-rata *error* pendaratan untuk uji terbang dengan beban maksimum (1 kg) dari FMIPA ke FATETA adalah 1,97 m, sedangkan dari FATETA ke FMIPA adalah 0,703 m. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa *drone* yang dirancang dapat beroperasi dengan baik dan muatan maksimumnya adalah 1 kg.

Kata kunci: *Drone Autonomous, Hexacopter, Pengiriman Dokumen*

## SUMMARY

CARLI APRIANSYAH HUTAGALUNG. Design of Drone-Based Document Delivery Systems. Supervised by KARLISA PRIANDANA and KUDANG BORO SEMINAR.

Document management at IPB University has been carried out through a mail management system, but some documents still need to be sent manually, such as documents that require a wet signature for legalization. Currently, these documents are sent using oil-fueled vehicles. However, oil-fueled transportation produces carbon gas emissions that the surrounding environment. As one of the best universities in Indonesia, IPB University requires innovation in the application of an environmentally friendly transportation system. This study aims to design a document delivery system using an autonomous hexacopter drone as an environmentally friendly means of transportation.

This study designed an autonomous hexacopter drone that can be used to deliver documents in the IPB University environment. The hexacopter type drone is designed with autopilot control using a point-to-point flight system based on GPS coordinates. This system is designed with a pixhawk microcomputer programmed with Mission Planner software. The flight mode selected is Loiter mode, which allows the drone to maintain its direction and position during flight even if communication between the drone and telemetry is lost. In this study, the drone was also equipped with a placeholder designed to lift documents weighing a maximum of 1 kg. The trial of the document delivery drone that has been designed was carried out with two travel routes, namely from FMIPA to FATETA and from FATETA to FMIPA, and with two variations in load, namely 0 kg and 1 kg. The analysis was carried out to find the drone's accuracy using Mean Square Error (MSE) and Euclidean distance.

The drone has been successfully tested with 17 flights which are divided into 4 parts, namely: 5 flight data for 0 kg load and 5 flight data for 1 kg load on the flight route from FMIPA to FATETA; and 5 flight data for 0 kg load and 2 flight data for 0 kg load on the flight route from FATETA to FMIPA. The drone could not be tested further as it crashed on its 18th flight, as a result of the disconnection between the battery and the drone body. The test results with 17 flight data show that the drone that has been designed can operate well with errors that can still be tolerated. The average error for the no-load test flight from FMIPA to FATETA is 1.02 m, while from FATETA to FMIPA is 0.53 m. The average error for the flight test with a maximum load (1 kg) from FMIPA to FATETA is 1.97 m, while from FATETA to FMIPA is 0.703 m. The results of this experiment show that the designed drone can operate well and its maximum payload is 1 kg.

Keywords: Autonomous Drone, Document Delivery, Hexacopter



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## © Hak Cipta milik IPB, tahun 2021<sup>1</sup> Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*



# **PERANCANGAN SISTEM PENGANTARAN DOKUMEN BERBASIS PESAWAT TAK BERAWAK**

**CARLI APRIANSYAH HUTAGALUNG**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Ilmu Komputer

**ILMU KOMPUTER  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1. Dr. Ir. Sri Wahjuni, MT.



Judul Tesis : Perancangan Sistem Pengantaran Dokumen Berbasis Pesawat Tak Berawak

Nama : Carli Apriansyah Hutagalung

NIM : G651190531

Disetujui oleh

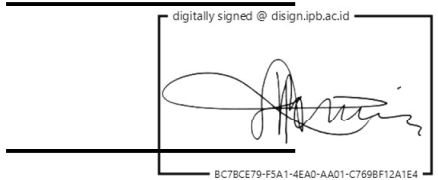
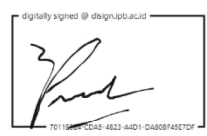
Pembimbing 1:  
Dr. Karlisa Priandana S.T., M.Eng.

Pembimbing 2:  
Prof. Dr. Kudang Boro Seminar M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:  
Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom.  
NIP 197501301998022001

Dekan Sekolah Pascasarjana:  
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.  
NIP 196004191985031002



Tanggal Ujian:  
18 Juni 2021

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Judul tesis ini adalah “Perancangan Sistem Pengantaran Dokumen Berbasis Pesawat Tak Berawak”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Ibu Dr. Karlisa Priandana S.T., M.Eng. dan Bapak Prof. Dr. Kudang Boro Seminar M.Sc. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Dr. Imas Sukaesih Sitanggang, S.Si., M.Kom. selaku ketua Program Ilmu Komputer, Dr. Drs. Bambang Dwi Dasanto, M. Si. selaku moderator seminar, dan Dr. Ir. Sri Wahjuni, MT. selaku penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada orang tua saya Herry Hutagalung dan Lita Kencanca serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan secara material maupun spiritual, doa, dan kasih sayangnya kepada penulis.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, September 2021

Carli Apriansyah Hutagalung

## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Drone</i>	4
2.2 <i>Hexacopter</i>	4
2.3 <i>Pixhawk</i>	5
2.4 <i>Mission Planner &amp; QGroundcontrol</i>	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Tahapan Penelitian	8
3.3.1 Interkoneksi Komponen <i>Tarot FY680Pro Hexacopter</i>	9
3.3.2 Mode Penerbangan <i>Autonomous</i>	10
3.3.3 Desain <i>Placeholder</i> Dokumen	10
3.3.4 Penentuan Landasan dan Koordinat	11
3.3.5 Mekanisme	12
3.4 Model Analisis dan Evaluasi	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1 Perakitan <i>Drone</i>	16
4.2 Pengaturan Koordinat	16
4.3 Pengujian Penerbangan <i>Drone point-to-point</i>	17
4.4 <i>Desain Placeholder</i>	18
4.5 Pengujian Pengiriman Dokumen	19
4.6 Evaluasi <i>MSE &amp; Euclidean</i>	1:
4.7 Mekanisme Penerbangan	1:
V SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	2;

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR TABEL

1	Komponen <i>Hexacopter</i>	7
2	Posisi komponen di <i>Hexacopter</i>	16
3	Perkiraan waktu pengiriman	19
4	Perhitungan MSE & Euclidean dari data GPS FMIPA-FATETA	1:
5	Perhitungan MSE & Euclidean dari data GPS FATETA-FMIPA	1:

## DAFTAR GAMBAR

1	Model <i>Hexacopter</i>	4
2	Pergerakan Baling-Baling	5
3	<i>Pixhawk</i>	5
4	Halaman Utama <i>Mission Planner</i> (a) dan <i>QGroundcontrol</i> (b)	6
5	Tahapan Penelitian	9
6	Konfigurasi Komponen <i>Hexacopter</i>	10
7	Desain <i>Placeholder</i> Dokumen	11
8	Koordinat Gedung FMIPA IPB, dan FATETA IPB ( <i>Google Earth</i> )	11
9	<i>Tarot FY680Pro Hexacopter</i>	13
10	Koordinat Seting ( <i>QGroundcontrol</i> )	17
11	Grafik Barometer (Alt) FATETA-FMIPA	18
12	Aluminium <i>Placeholder</i>	18
13	Integrasi <i>Drone</i> dan <i>Placeholder</i>	18
14	Data Penerbangan FATETA ke FMIPA	19

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Penginstallasian <i>Pixhawk Hexacopter</i>	27
2	Kalibrasi <i>Drone</i>	28
3	Lanjutan Kalibrasi	29
4	Kalibrasi Lanjutan	2:

# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengelolaan dokumen di IPB *University* telah dilakukan melalui sistem manajemen persuratan, namun beberapa dokumen masih perlu dikirim secara manual, seperti dokumen-dokumen yang memerlukan tanda tangan basah untuk legalisasi. Saat ini, dokumen-dokumen tersebut dikirim menggunakan kendaraan berbahan bakar minyak. Namun, transportasi berbahan bakar minyak menghasilkan emisi gas karbon yang mencemari lingkungan sekitarnya. Sebagai salah satu universitas terbaik di Indonesia, IPB *University* memerlukan inovasi dalam penerapan sistem transportasi yang ramah lingkungan. Hal ini sesuai dengan prinsip visi dan misi IPB *University* 2019-2023, sebagai universitas berbasis riset yang terdepan dalam inovasi kemandirian bangsa menuju *techno-socio, entrepreneurial university* yang berprestasi di tingkat global di bidang kelautan, pertanian, dan biosains tropis (Satria 2019). Salah satu misi IPB adalah menuju *green campus* di mana transportasi berbahan bakar minyak konvensional diganti dengan transportasi listrik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pengantaran dokumen dengan menggunakan *autonomous hexacopter drone* sebagai salah satu alat transportasi yang ramah lingkungan. *Drone* atau Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) adalah pesawat terbang yang tidak memiliki pilot dan penumpang. *Drone* dikendalikan sepenuhnya dari ruang kontrol dan pengendaliannya disesuaikan dengan misi yang diberikan (BPPT, 2021). *Drone* dapat dioperasikan dengan dua cara, manual dan *autonomous*. Pada mode manual pilot mengontrolnya dengan remote control. Mode manual ini memiliki kelemahan berupa jarak kendali yang terbatas karena penglihatan pilot yang terbatas. Pada mode *autonomous*, *drone* bergerak secara otomatis sesuai program yang telah ditentukan, sehingga tidak lagi dikontrol oleh pengguna secara langsung (Hidayat dan Mardiyanto 2017; Fajar dan Arifianto 2018; Park *et al.* 2020). Sistem autopilot menggunakan sistem penerbangan *point-to-point* berbasis koordinat GPS ((Basukesti 2016; Harista dan Nuryadi 2018; Utomo 2018). Sistem *autonomous* ini dapat diterapkan ke dalam *microcomputer*, seperti *pixhawk* yang diprogram dengan *software Mission Planner*. Mode penerbangan *autonomous* yang diterapkan pada *software Mission Planner* salah satunya adalah mode Loiter yang membuat *drone* dapat mempertahankan arah dan posisi saat penerbangan walaupun komunikasi antara *drone* dan telemetry terputus.

*Drone* biasanya dilengkapi dengan *Inertial Measurement Unit (IMU)* yang berfungsi menangkap data penerbangan dengan beberapa kombinasi sensor, seperti sensor *giroskop* dan sensor *magnetometer*. Kedua sensor berperan penting dalam menunjukkan arah pergerakan terbang *drone* dan terintegrasi dengan *Ground Positioning System (GPS)* (Darajat *et al.* 2012; Suroso 2018). Sensor lain yaitu barometer merupakan bagian sensor IMU yang berfungsi untuk mengukur ketinggian *drone*.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prastya *et al.* (2020) telah mencoba metode penerbangan *autonomous* dengan membaca metadata berkas yang berisi informasi lokasi atau GPS *longitude* dan *latitude drone* dari sensor GPS. *Longitude* adalah garis ekuator yang memotong dari Kutub Utara ke Kutub Selatan, sedangkan *Latitude* adalah garis yang menghubungkan sisi timur dan barat bumi.

Penelitian sebelumnya oleh Babgei dan Suryoatmojo (2020) menjelaskan perancangan *drone* untuk misi kemanusiaan pengiriman bantuan menggunakan *drone hexacopter* dengan muatan maksimal 2 kilogram. Namun, penelitian tersebut tidak menjelaskan ketinggian maksimum *drone* tersebut dan tidak menerapkan sistem autonomous. Penelitian serupa dilakukan oleh Yudhana dan Wardani (2017) yang menerapkan pengangkatan pupuk menggunakan *drone*. Penelitian tersebut merancang *drone quadcopter* dengan berat total 1 kilogram. Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya tenaga baterai yang dikeluarkan sangat boros sehingga membuat baterai lebih cepat habis dan penggunaan ketinggian terbang *drone* yang rendah hanya mencapai 2 hingga 3 meter. Penelitian lainnya terkait dengan sistem pengantaran menggunakan *drone* bertipe *hexacopter* pernah dilakukan oleh Irzal *et al.* (2020). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengantarkan ASI dan membandingkan dengan moda transportasi mobil. Pada penelitiannya *drone* mengalami kegagalan penerbangan yang membuat *drone* jatuh saat melakukan misi, sehingga penelitian tersebut dikatakan gagal. Berbagai macam penelitian tentang pengaruh *drone* di lingkungan juga banyak diteliti, seperti yang dilakukan oleh Goodchild (2018) dan Rahmadhani *et al.* (2018) yang menjelaskan bahwa *drone* dapat membantu sebagai alat transportasi jarak pendek untuk mengurangi emisi karbondioksida (CO<sub>2</sub>).

## 1.2 Rumusan Masalah

Kampus IPB masih menggunakan sarana transportasi berbahan bakar minyak untuk mengirim surat atau dokumen yang menyebabkan polusi udara. Moda transportasi berbahan bakar minyak ini perlu digantikan dengan moda transportasi elektrik, salah satunya dengan *autonomous drone*. *Drone* dengan sistem *autonomous* untuk alat pengantar dokumen belum banyak dikembangkan. Bagaimana spesifikasi *drone* yang dapat mengangkat beban berat? Bagaimana rancangan, *autonomous drone* untuk pengiriman?.

## 1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *hexacopter drone* untuk mengirimkan surat ataupun dokumen berukuran kertas A4, termasuk rancangan tempat/*placeholder* untuk meletakkan dokumen pada *drone*.

## 1.4 Manfaat

*Drone* diharapkan menjadi inovasi baru di kampus IPB sebagai sarana pengganti transportasi perjalanan rute pendek untuk mengirimkan dokumen. Inovasi ini dapat mengurangi pencemaran udara di lingkungan IPB *University* dari emisi gas karbon dioksida dan menjaga nama *green campus IPB University*.

## 1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan dua rute penerbangan yaitu penerbangan dari FMIPA menuju FATETA dan penerbangan dari FATETA menuju ke FMIPA. Penerbangan dilakukan pada saat cuaca normal. Parameter yang diukur adalah ketinggian yang berhasil dicapai oleh *drone* saat mengangkat beban maksimum serta waktu estimasi pengantaran dan berapa akurasi yang didapatkan saat mendarat

pada landasan yang ditentukan. Adapun data yang diambil berupa data pendaratan *drone* pada saat mengangkat beban dokumen 1 kg dan 0 kg. *Drone* yang digunakan adalah *multirotor* bertipe *hexacopter*.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## II TINJAUAN PUSTAKA

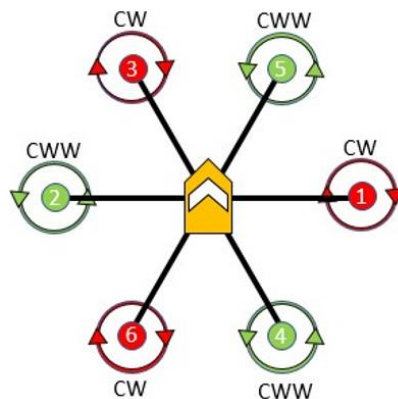
### 2.1 Drone

*Drone* atau pesawat tanpa awak adalah sebuah mesin kendali jarak jauh atau biasa disebut dengan pesawat tak berawak tanpa operator di dalamnya dan dapat dikendalikan secara manual melalui radio kontrol atau secara otomatis dengan mengolah data sensor sehingga dapat terbang sesuai dengan keinginan pengguna (Hidayat dan Mardiyanto 2017; Azmi dan Wahyudi 2019). Pesawat tanpa awak ini dapat digunakan berulang kali dan mampu membawa berbagai muatan, antara lain radio, kamera, alat pengintai dan senjata. Terdapat beberapa jenis drone, yaitu *multi-rotor*, dan *fix-wing*. *Fix-wing* memiliki bentuk seperti pesawat komersial dan biasanya digunakan untuk pemetaan/*scanning*. Jenis *multi-rotor* sangat cocok untuk mengangkat beban yang berat, karena memiliki kestabilan yang tinggi dibandingkan *fix-wing* (Fernando dan Touriono 2016). *Multi-rotor drone* dapat dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan jumlah rotor yang dipakai, yaitu:

- *Tricopter* : *Drone* yang menggunakan tiga rotor dan baling-baling.
- *Quadcopter* : *Drone* yang menggunakan empat rotor dan baling-baling.
- *Hexacopter* : *Drone* yang menggunakan enam rotor dan baling-baling.
- *Octocopter* : *Drone* yang menggunakan delapan rotor dan baling-baling.

### 2.2 Hexacopter

*Hexacopter* adalah kendaraan dinamis yang mempunyai enam motor sebagai kekuatan *drone* untuk menghasilkan gaya angkat ke udara. Kekuatan enam motor tersebut membuat *hexacopter* memiliki akselerasi yang tinggi dikalangan *drone* yang bertipe *multi-rotor* (Durban *et al.* 2015; Tin *et al.* 2015; Zhang *et al.* 2019). *Hexacopter drone* dapat digunakan untuk berbagai hal seperti fotografi udara, pantauan video dari atas yang biasa digunakan saat pengevakuasian bencana alam, dan juga untuk pemantauan satwa maupun melakukan pemetaan daerah (Saputra dan Pramujati 2013; Lighthart *et al.* 2017). Model *hexacopter* ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Model hexacopter



*Hexacopter* dikendalikan oleh kecepatan rotasi dari enam rotor. Enam rotor tersebut dibuat secara sejajar dan saling berlawanan. Tiga rotor berputar berlawanan arah jarum jam atau *counter clockwise* (CCW) dan tiga rotor lainnya berputar searah jarum jam atau *clockwise* (CW). Arah putaran baling-baling ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Pergerakan baling-baling

### 2.3 Pixhawk

*Pixhawk* merupakan perangkat keras *flight controller* yang mengatur semua pergerakan dan manuver dari *drone*, serta sebagai pengeksekusi dari data inputan (manual, *autonomous*). *Pixhawk* memiliki sistem *autonomous* yang dibuat oleh *holybro* dan tim PX4 dengan sistem operasi *real-time*, memberikan kinerja yang fleksibel dan mempunyai keandalan dalam mengendalikan sistem *autonomous* (Meier *et al.* 2011; Yang *et al.* 2020). Pada sistem *pixhawk* mempunyai berbagai sensor yang digunakan agar *drone* dapat terbang dengan baik. Sensor yang umum digunakan pada *pixhawk* terdiri dari 4 sensor, yaitu *gyroscope*, *magnetometer*, *barometer*, dan *accelerometer* (Sartika *et al.* 2020). *Pixhawk* juga terdapat 14 pin atau disebut dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk menggabungkan komponen-komponen *drone* ke modul *pixhawk*. Adapun tampilan dari *Pixhawk* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Pixhawk

### 2.4 Mission Planner & Qgroundcontrol

*Mission planner* dan *QGroundcontrol* adalah perangkat lunak yang berbasis *open source* dari Ardupilot dan mampu merancang sistem *autopilot* untuk beberapa tipe *drone* seperti *Tricopter*, *Quadcopter*, *Hexacopter*, *Heli* dan masih banyak lagi (Paula *et al.* 2019). Contoh *layout Mission Planner* dan *QGroundcontrol* dapat dilihat pada Gambar 4. Perangkat lunak ini dirancang untuk mempermudah *user* dalam perencanaan jalur terbang otomatis, yang biasanya digunakan untuk pemetaan. Pekerjaan manual seperti perhitungan data pada *drone* tentang skala, resolusi spasial, ketinggian, nilai *overlap*, *sidelap*, dan lainnya, didapatkan dengan hasil perhitungan otomatis pada tahap pra-akuisisi data. Perangkat lunak ini juga dapat mengontrol dan mengecek fungsionalitas komponen pada *drone* (Dardoize *et al.* 2019; Hazim *et al.* 2020)



(a)



(b)

Gambar 4 Halaman utama *MissionPlanner* (a) dan *QGroundControl* (b)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

### III METODE

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2020 sampai dengan Januari 2021. Pengujian dan pengambilan data penerbangan dilakukan di area gedung Fakultas Teknologi Pertanian (FATETA) dan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) IPB. Evaluasi data penerbangan dilakukan secara mandiri.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan pemilihan komponen yang sesuai untuk keperluan penelitian agar dapat bekerja secara maksimal. Pemilihan Komponen *drone hexacopter* dan keterangan komponen dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komponen *Hexacopter*

Nama Komponen	Keterangan
<b>Komponen <i>Hexacopter</i></b>	
<i>Frame Tarot FY680Pro</i>	Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Yudhana dan Wardani (2017) menggunakan tipe <i>drone quadcopter</i> pengangkat pupuk, memiliki kelemahan daya terbang hingga tiga meter. Maka untuk mengangkat beban berat lebih tinggi perlu dilakukan <i>upgrade drone</i> yang bertipe besar.
<i>Flight control Radiolink Pixhawk</i>	Microcomputer ini merupakan komponen terbaik dikelasnya dibandingkan <i>arduino</i> , <i>raspberry</i> , dll, karena sistem <i>multithreading</i> yang di mana proses pembacaan data lebih cepat (Ardupilot 2021) dan dilengkapi dengan pemrograman <i>drone</i> .
<i>GPS-Compass SE100</i>	GPS ini sudah terintegrasi dengan <i>Pixhawk</i> .
<i>6 Rotor T-motor MN4014-9 400Kv</i>	Motor yang sesuai dengan tipe frame dengan daya 700kv-400kv.
<i>Battery Lipo 5000mAh 22.2 V</i>	Tegangan yang dipilih merupakan syarat tegangan listrik yang dibutuhkan motor dan baterai ini untuk mengangkat beban maksimal seberat 1 kilogram.
<i>Battery Lipo 10000mAh 22.2 V</i>	Tegangan yang dipilih merupakan syarat tegangan listrik pada motor yang digunakan, dan baterai ini untuk mengangkat beban 0,5 kilogram.

6 *Electronic Speed Control (ESC) 40A*  
6 *Propeller Carbon 13x5.5 inch*

Aliran daya 40A merupakan arus minimal tipe motor 400kv.

Baling-Baling yang sesuai untuk frame berukuran 11-13 inch, untuk mendapatkan daya dorong yang maksimal maka dipilih *propeller* terbesar.

*Power module*

Komponen ini bertujuan untuk pembagian daya listrik ke setiap komponen.

*Buzzer*

Alarm untuk mengetahui komponen lain mengalami *error* atau tidak.

*Safety Switch*

Merupakan saklar pada *drone*.

*Telemetry radio 433Mh*

Frekuensi 433Mh merupakan frekuensi yang dianjurkan untuk *drone*.

*S-Bus R12DS*

Memiliki jangkauan pengendalian *drone* hingga 1,5 Kilometer saat menggunakan *Remote Control*.

---

***Flight Control Software***

---

*Mission Planner* dan *QGroundcontrol*

Merupakan *software* yang bersifat *open source* dan juga sudah terintegrasi dengan *Pixhawk*.

---

**Komponen Tambahan**

---

*Placeholder* Dokumen

Tempat meletakkan dokumen.

*Remote Control Radiolink AT10S*

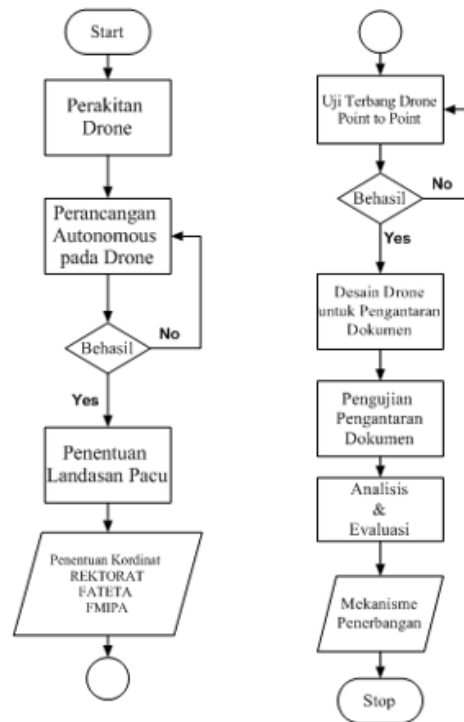
*Remote Control* yang sesuai dengan tipe S-Bus yang digunakan.

---

**3.3 Tahapan Penelitian**

Penelitian ini terdapat delapan tahapan yang dapat dilihat pada Gambar 5. Penelitian dimulai dari Perakitan *drone* dengan memilih komponen yang sesuai pada tujuan penelitian. Tahapan selanjutnya perancangan metode *autonomous*, metode ini mengatur ketinggian, kecepatan *drone* dan proses ini dikatakan berhasil apabila sistem menerima koordinat yang akan dicapai, metode ini mempunyai kelemahan yaitu *drone* harus terbang di ketinggian yang tidak terdapat halangan seperti gedung, pohon dll. Setelah itu melakukan proses penentuan koordinat landasan pada daerah FATETA, dan FMIPA. Tahapan berikutnya barulah menentukan landasan pacu atau pendaratan dengan mengukur ketinggian dan titik koordinat yang ditentukan. Setelah mendapatkan posisi yang akan digunakan maka tahapan selanjutnya melakukan pengujian terbang *autopilot* ke lokasi koordinat, proses ini dikatakan berhasil apabila penerbangan *drone* dikatakan lancar pada penerbangan dan mendarat pada koordinat landasan yang telah dipilih. Apabila dari tahapan sebelumnya sudah dinyatakan berhasil maka tahap selanjutnya melakukan desain alat pengangkut dokumen pada *drone*. Tahapan berikutnya melakukan analisis dan evaluasi terhadap data pendaratan *drone* yang didapatkan. Tahapan terakhir membuat mekanisme penerbangan yang di mana berisi aturan atau pun petunjuk untuk sistem pengantaran dokumen menggunakan *drone* sebagai panduan membuat jalur baru.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

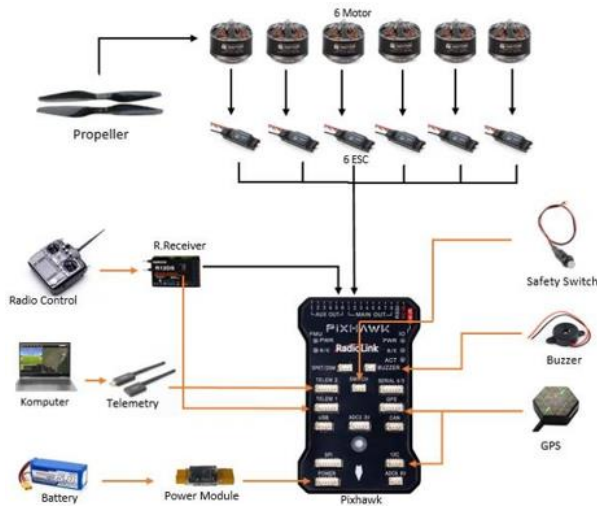


Gambar 5 Tahapan penelitian

### 3.3.1 Interkoneksi Komponen *Tarot FY680Pro Hexacopter*

*Tarot FY680Pro Hexacopter* terdiri dari beberapa komponen yang saling berhubungan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Komponen pertama adalah mikrokontroler *Pixhawk* yang bertindak sebagai otak dari *hexacopter*. Program sistem mikrokontroler *Pixhawk* dapat diakses secara gratis melalui *software* dari *ardupilot* (*Mission Planner, Qgroundcontrol*). Parameter yang dibutuhkan dapat diatur sesuai dengan keinginan pengguna, sehingga memungkinkan mengatur parameter mode penerbangan manual dan *autonomous* menjadi lebih mudah (Maulana *et al.* 2018; Pallas *et al.* 2018; Rizqi 2018). Pada mode manual, *hexacopter* dikontrol melalui perangkat *Radio Control* (RC). Penerima sinyal *Radio Control* terhubung ke mikrokontroler *Pixhawk* melalui serial bus. Ketika *hexacopter* berada dalam mode *autonomous*, *drone* terbang sesuai dengan jalur penerbangan yang telah ditentukan pada perangkat lunak perencanaan misi. Telemetri radio digunakan untuk mengambil data penerbangan *hexacopter* ke komputer secara *real-time* (Saputra dan Pramujati 2013).

*Hexacopter* memiliki enam motor dan baling-baling sebagai penggeraknya. Masing-masing motor ini dikendalikan oleh *Electronic Speed Control* (ESC) yang dihubungkan ke mikrokontroler *Pixhawk*. Mikrokontroler *Pixhawk* juga terhubung ke komponen lain melalui *Serial Bus* (receiver RC), termasuk *Global Positioning System* (GPS), *Buzzer*, *Safety Switch*, *Telemetry*, dan *Power Module*. Semua komponen diberi daya menggunakan satu baterai, dan modul daya yang dikendalikan oleh mikrokontroler *Pixhawk*. Modul daya ini digunakan untuk mengatur keluaran daya yang berkaitan dengan kebutuhan daya masing-masing komponen.



Gambar 6 Konfigurasi komponen *Hexacopter*

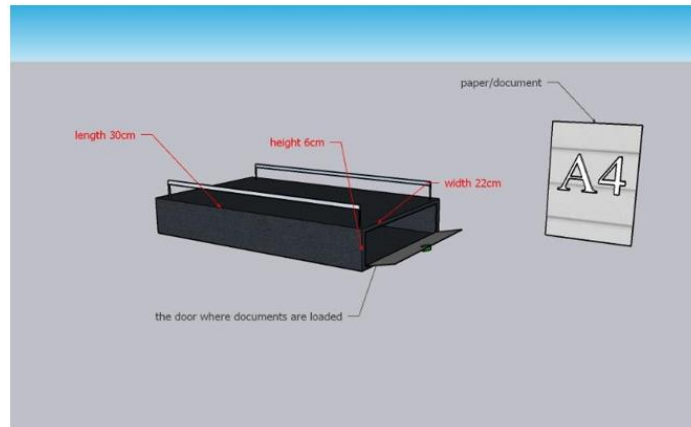
### 3.3.2 Mode Penerbangan *Autonomous*

Pada mode ini, perancangan sistem *autonomous* dilakukan dengan menggunakan *software Mission Planner*. *Software* ini memiliki beberapa konfigurasi yang dianjurkan untuk sistem *autonomous*, salah satunya mode Loiter. Mode ini secara otomatis mempertahankan arah, lokasi, dan ketinggian. Sistem ini dikonfigurasi pada *Global Positioning System (GPS)* yang memungkinkan misi *autonomous* lebih efektif dan ketika koneksi telemetri terputus pada mode ini, *drone* akan tetap melakukan perencanaan penerbangannya hingga akhir misi. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Mardiansyah 2018 dan Arifin 2014, telah merancang sistem *autonomous* berbasis citra, namun memiliki kelemahan pengolahan citra yang lambat sehingga memakan waktu untuk pendaratan *drone*.

### 3.3.3 Desain *Placeholder* Dokumen

Perangkat utama yang diinginkan pada tahap ini adalah desain *drone* pengiriman dokumen. Mendesain *drone* perlu dianalisis muatan maksimum dan daya angkat motor *drone* (Saputra dan Pramujati 2013; Suprpto *et al.* 2017). Tahapan ini, selain mendesain *drone* itu sendiri, juga perlu mendesain *placeholder* dokumen untuk membawa dokumen tersebut. Desain yang dibuat mengedepankan fleksibilitas sehingga desain mudah diubah jika diperlukan. *Placeholder* dokumen berupa kotak yang terbuat dari bahan aluminium dengan ukuran panjang 30 cm, lebar 22 cm dan tinggi 6 cm. Desain *placeholder* dokumen dapat dilihat pada Gambar 7.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



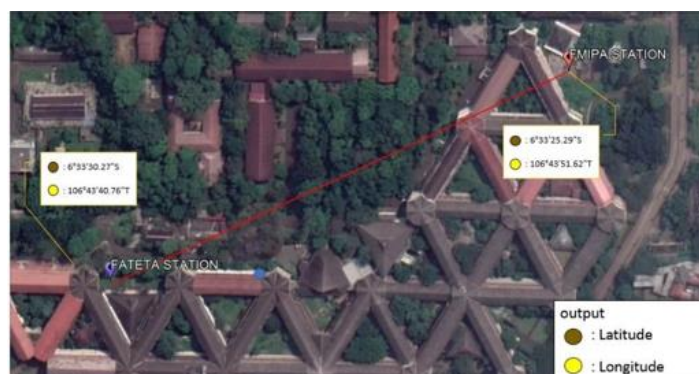
Gambar 7 Desain placeholder dokumen

### 3.3.4 Penentuan Landasan dan Koordinat

Landasan pacu adalah suatu daerah yang digunakan untuk pendaratan dan lepas landasnya pesawat. Tahap ini akan mempertimbangkan daerah landasan yang tidak mempunyai halangan seperti pohon, tembok, dan bebatuan. Faktor penting yang diperhitungkan yaitu ratahan permukaan landasan. Sebagai landasan awal penerbangan dan landasan pendaratan drone nantinya. Tahapan pengukuran ini dilakukan dengan cara pencarian manual. Adapun beberapa faktor yang harus di pertimbangkan sebagai, berikut:

1. Permukaan landasan *take off* dan landing datar, yang di mana permukaan tidak bergelombang.
2. Landasan memiliki permukaan yang bertekstur lentur (tanah) tidak terbuat dari semen atau batu yang bersifat keras.
3. Luas daerah landasan  $\pm 10$  meter persegi, pengukuran ini dapat dibantu dengan beberapa *software* pada *smartphone* ataupun menggunakan meteran manual.

Tahapan selanjutnya merupakan bentuk pengambilan akuisisi titik pada koordinat GPS dengan menentukan garis bujur (*longitude*) dan garis lintang (*latitude*), pada wilayah gedung FATETA dan FMIPA. Adapun posisi koordinat untuk landasan ataupun lepas landas dapat diambil dari *Google Maps/Earth* yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Koordinat gedung FMIPA IPB dan FATETA IPB (*Google Earth*)

### 3.3.5 Mekanisme

Mekanisme bertujuan untuk membuat prosedur jalur baru dengan peraturan atau faktor yang telah ditentukan pada data penelitian yang telah didapatkan. Tujuan utama mekanisme ini untuk menghindari terjadinya kerusakan pada drone pada saat melakukan penerbangan.

### 3.4 Model Analisis dan Evaluasi

Pada tahap ini dihitung nilai perbandingan *error drone* saat mendarat, dengan membagi dua data yaitu data pertama pendaratan tanpa dokumen di mana *drone* tidak memiliki beban angkat dokumen (0 kg) hanya membawa *placeholder* dokumennya dan data pendaratan pada saat *drone* membawa dokumen dengan nilai beban maksimal (1 kg). Data yang didapatkan akan dievaluasi *error* data koordinat pendaratan pada *pixhawk* dengan data koordinat map yang diambil secara manual. Evaluasi terhadap hasil dilakukan dengan menghitung ketelitian menggunakan uji statistik. Menurut Huda *et al.* (2016) dan Damanik dan Anggraeni (2018), ada beberapa cara menghitung *error* akurasi salah satunya menggunakan *Mean Square Error* (MSE). Evaluasi menggunakan MSE memang sangat rentan terhadap data *outlier*, namun dapat diatasi dengan membuang data tersebut. Perhitungan ini mengambil data koordinat geografi yang umum digunakan seperti garis *latitude* dan *longitude* saja, persamaan MSE dapat dilihat pada Persamaan 1 (Huda *et al.* 2016):

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (x_i - y_i)^2 \tag{1}$$

- Di mana,
- MSE* = *Mean Square Error*
  - N* = Nomor Data
  - x<sub>i</sub>* = *Latitude* atau *Longitude* dari pendaratan data penerbangan
  - y<sub>i</sub>* = *Latitude* atau *Longitude* dari pendaratan yang telah ditentukan
  - i* = *index* data

Perhitungan MSE untuk *latitude* dan *longitude* dilakukan terpisah. Selain MSE, perhitungan jarak menggunakan persamaan *Euclidean* dapat dilakukan untuk menentukan seberapa jauh jarak *error* dengan satuan meter. Adapun persamaan *Euclidean* dapat dilihat pada Persamaan 2 (Pamungkas 2019; Miftahuddin *et al.* 2020).

$$E = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{2}$$

- Di mana,
- E* = *Euclidean*.
  - x<sub>1</sub>* = *Latitude* dari data koordinat pendaratan data penerbangan
  - x<sub>2</sub>* = *Longitude* dari koordinat pendaratan yang telah ditentukan
  - y<sub>1</sub>* = *Latitude* dari data koordinat pendaratan data penerbangan
  - y<sub>2</sub>* = *Longitude* dari koordinat pendaratan yang telah ditentukan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hasil dari Persamaan 2 adalah jarak Euclidean dalam derajat *latitude* atau *longitude*. Untuk mengubah nilai ini menjadi jarak dalam meter, kami menggunakan pendekatan 1 derajat di ekuator, yang sama dengan 111,319 m.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perakitan Drone

Komponen dirakit sesuai dengan tahapan pemilihan komponen *hexacopter* kerangka yang digunakan, yaitu *frame Tarot FY680Pro Hexacopter*. Hasil perakitan ditunjukkan pada Gambar 9. Posisi berbagai komponen dalam rangka *drone* ditentukan manual, adapun posisi komponen dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 9 Tarot FY680Pro Hexacopter

Tabel 2 Posisi komponen di Hexacopter

Nama Komponen	Posisi komponen Tarot FY680Pro
<i>Pixhawk</i>	Tengah kerangka badan bagian atas
<i>S. Bus</i>	Kanan bawah kerangka badan bagian atas
<i>Telemetry</i>	Di depan perangkat <i>pixhawk</i>
<i>GPS</i>	Kiri bawah kerangka badan bagian atas
<i>Safety Switch</i>	Di sebelah kanan perangkat <i>pixhawk</i>
<i>Buzzer</i>	Di sebelah kanan perangkat <i>pixhawk</i>
<i>Power Module</i>	Bagian dalam badan kerangka
<i>Battery</i>	Tengah badan bagian bawah
<i>Motor</i>	Setiap bagian ujung lengan
<i>ESC</i>	Setiap ujung bagian bawah motor

### 4.2 Pengaturan Koordinat

Penentuan koordinat *latitude* dan *longitude* diambil dari hasil titik *Ground Control Point (GCP)* yang telah diambil dan diolah ke bentuk satuan derajat untuk diterapkan ke dalam *software QGroundcontrol*, kemudian diunggah ke *Pixhawk*. Penyetingan ini memerlukan koneksi internet untuk menampilkan layar peta, sehingga untuk wilayah yang mempunyai masalah terhadap jaringan internet maka dilakukan pemetaan lapangan atau area penerbangan, dengan menentukan skala

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

penerbangan rute *take off* dan lokasi *landing* yang dipilih dan unggah hasil pemetaan ke *microcomputer drone*. Hasil pemetaan dan koordinat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Mengatur koordinat (*QGroundcontrol*)

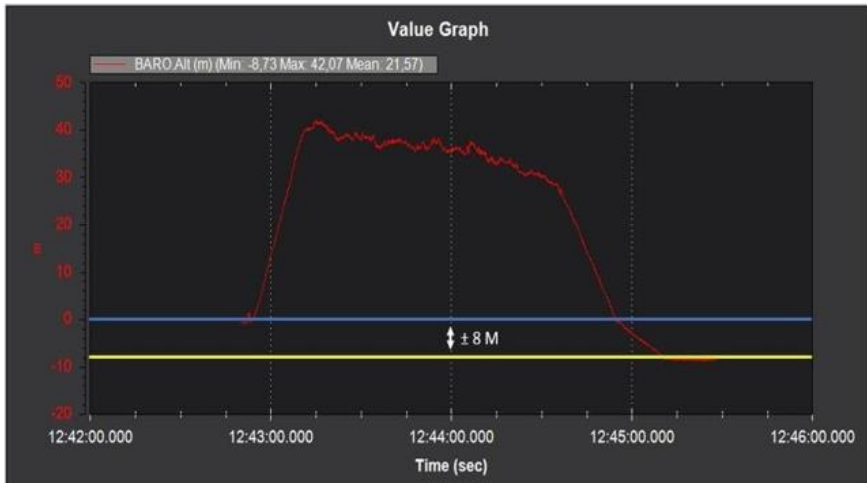
Di mana nilai input koordinat pada *QGroundcontrol* adalah sebagai berikut:

1. FMIPA : *Latitude* -6.5570224, *Longitude* 106.7311954.
2. FATETA : *Latitude* -6.5583904, *Longitude* 106.728013.

### 4.3 Pengujian Penerbangan *Drone Point-to-Point*

Uji terbang dilakukan dengan memperhatikan kontur tanah di lokasi penelitian. Uji terbang pertama bertujuan untuk menentukan ketinggian yang akan digunakan pada proses pengiriman dokumen. Perhitungan ketinggian ini dilakukan secara manual, menggunakan *drone* untuk mengukur ketinggian secara relatif dari permukaan landasan hingga ketinggian yang digunakan, dengan bantuan *Pixhawk* yang terhubung ke *software Qgroundcontrol* ataupun *Mission Planner*. Nilai ketinggian yang diperoleh dari pengukuran tersebut kemudian digunakan dalam uji penerbangan *drone point-to-point*. Pada uji coba *drone* berhasil mengangkat dokumen (A4) dengan beban maksimal 1 kg, dengan batas normal ketinggian 60 meter dari permukaan tanah.

Perhitungan ketinggian pertama dalam uji penerbangan dilakukan dari FMIPA ke FATETA. Pengujian dikatakan berhasil dengan analisis ketinggian diambil pada data grafik *barometer* yang dapat dilihat pada Gambar 11. Pada pengujian pertama ketinggian yang digunakan adalah 45 meter. Data analisis yang diperoleh menunjukkan data ketinggian maksimal yang didapat yaitu 42,07 pada garis merah. Garis biru merupakan penerbangan awal FMIPA yang memiliki nilai 0 menuju FATETA dengan waktu tempuh 2 menit 50 detik. Penerbangan diakhiri dengan garis kuning yang menunjukkan penurunan ketinggian dengan nilai minus  $\pm 8$  meter pada landasan FATETA. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kontur tanah IPB tidak sama sehingga memiliki perbedaan ketinggian, sehingga ketinggian yang akan digunakan pada rute penerbangan FATETA ke FMIPA mengalami peningkatan nilai ketinggian menjadi  $\pm 50$  M.



Gambar 11 Grafik *barometer (altitude)* FATETA-FMIPA

#### 4.4 Desain Placeholder

*Placeholder* atau tempat dokumen memiliki berat  $\pm 750$  ons yang memiliki satu pintu seperti yang dapat dilihat pada Gambar 12. Pintu memiliki 2 engsel pada bagian bawah dan dilengkapi baut untuk mengunci pintu agar tidak terbuka selama penerbangan. Bagian kiri dan kanan *placeholder* dikaitkan ke lengan *drone* 2 dan 3 serta 5 dan 6 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 12 Aluminium *placeholder*

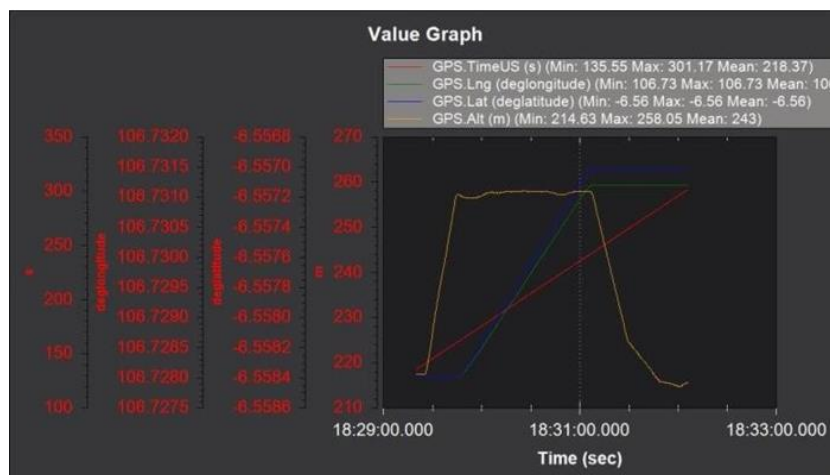


Gambar 13 Integrasi *drone* dan *placeholder*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

#### 4.5 Pengujian Pengiriman Dokumen

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan menggunakan muatan maksimal 1 kg. Eksperimen pertama dilakukan dari FMIPA ke FATETA, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Gambar 12 menggambarkan data perjalanan *drone* dari *longitude* 106.7280 (lepas landas) hingga *longitude* 106.7313 (pendaratan) seperti yang ditunjukkan pada garis hijau. Sedangkan garis biru menunjukkan data *latitude* dari -6,5584 (lepas landas) *latitude* -6,5570 (mendarat). Garis kuning menunjukkan ketinggian *drone* yang diperoleh dari data penerbangan mencapai maksimal 43,4 meter. Garis merah menunjukkan waktu pengiriman 2:18 menit pada jarak 385 meter menggunakan kecepatan 5 m/s. Data penerbangan yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 14 Data penerbangan FATETA ke FMIPA.

Tabel 3 Perkiraan waktu pengiriman

No	Tujuan	Durasi penerbangan dengan dokumen(menit)
1	FMIPA-FATETA	2:59
2	FMIPA-FATETA	3:01
3	FMIPA-FATETA	2:20
4	FMIPA-FATETA	2:54
5	FMIPA-FATETA	3:0
6	FMIPA-FATETA	3:17
7	FMIPA-FATETA	3:12
8	FMIPA-FATETA	2:4
9	FMIPA-FATETA	3:21
10	FMIPA-FATETA	2:43
11	FATETA-FMIPA	2:30
12	FATETA-FMIPA	3:0
13	FATETA-FMIPA	2:41

#### 4.6 Evaluasi MSE & Euclidean

Uji terbang dievaluasi dengan menghitung kesalahan pendaratan menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) seperti pada Persamaan (1) dan jarak seperti pada Persamaan (2). Di sini, koordinat pendaratan yang sebenarnya dibandingkan dengan koordinat pendaratan yang telah ditentukan. Dua evaluasi dilakukan: (1) untuk uji terbang tanpa muatan, dan (2) untuk uji terbang dengan muatan maksimum (1 kg). MSE yang diperoleh dan rata-rata akurasi pendaratan untuk uji terbang dari FMIPA IPB ke FATETA IPB dan dari FATETA IPB ke FMIPA IPB masing-masing ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 4 Perhitungan MSE & Euclidean dari data GPS FMIPA-FATETA

Beban	MSE		Euclidean
	Latitude (derajat)	Longitude (derajat)	Jarak (meter)
0kg	$1.96 \times 10^{-10}$	$2.53 \times 10^{-10}$	1.02
1kg	$3.87 \times 10^{-11}$	$7.30 \times 10^{-11}$	1.97

Tabel 5 Perhitungan MSE & Euclidean dari data GPS FATETA-FMIPA

Beban	MSE		Euclidean
	Latitude (derajat)	Longitude (derajat)	Jarak (meter)
0kg	$7.81 \times 10^{-12}$	$2.64 \times 10^{-12}$	0.53
1kg	$3.60 \times 10^{-11}$	$1.08 \times 10^{-11}$	0.703

Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa rata-rata akurasi pendaratan dipengaruhi oleh muatan *drone*. Untuk uji terbang dari FMIPA IPB ke FATETA IPB dapat dilihat pada Tabel 5, rata-rata akurasi pendaratan tanpa muatan adalah 1,02 m sedangkan dengan muatan maksimum adalah 1,97 m. Hasil yang sama juga terlihat pada uji terbang dari FATETA IPB ke FMIPA IPB dapat dilihat pada Tabel 6, di mana rata-rata akurasi pendaratan tanpa muatan 0,53 m sedangkan dengan muatan maksimum 0,703 m. Dapat disimpulkan bahwa semakin berat muatan *drone* maka akurasi pendaratan semakin rendah.

Evaluasi tambahan juga dilakukan untuk menentukan berat maksimal yang dapat diangkat oleh *drone* tersebut. Ditemukan bahwa muatan maksimum tergantung pada pemilihan baterai. Saat menggunakan baterai Lipo 3 Cells 5.000 mAh, *drone* dapat mengangkat hingga 1 kg dokumen. Namun, ketika baterai Lipo 6 Cells 10.000 mAh digunakan, *drone* hanya dapat mengangkat dokumen hingga 0,5 kg. Dapat disimpulkan bahwa muatan maksimum sangat tergantung pada berat baterai.

#### 4.7 Mekanisme Penerbangan

Mekanisme penerbangan *autonomous* mengambil langkah-langkah untuk membuat rute baru berdasarkan dari data hasil penelitian ini. Pertama, mencari landasan dengan memperhatikan beberapa faktor seperti kelenturan, halangan, dan luas area landasan. Kedua, pengambilan data ketinggian (relatif) dari titik landasan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

hingga ketinggian bangunan, metode ini dilakukan pengukuran secara manual dengan menggunakan *remote control*. Untuk menghindari tabrakan pada ketinggian bangunan maka perlu dilakukan penambahan ketinggian lima sampai delapan meter, karena terdapat beberapa bangunan yang memiliki penangkal petir, kemudian dilakukan penentuan titik *longitude* dan *latitude* pendaratan. Langkah selanjutnya adalah mengatur parameter yang dibutuhkan yang dapat dilihat pada lembar lampiran, kemudian mengunggah misi ke alat yang digunakan. Berat dokumen maksimal yang disarankan adalah 1 kilogram untuk penggunaan baterai berukuran 5.000 MaH 3 S, dan 0,5 kilogram untuk penggunaan 10.000 MaH 6S. Pengurangan ini untuk menghindari terjadinya keretakan atau patahnya kerangka *drone*.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

*Hexacopter autonomous* untuk pengiriman dokumen telah dirancang dengan muatan maksimum 1kg. Prosedur desain terdiri dari memilih komponen yang sesuai untuk *drone*, merancang interkoneksi komponen dan merancang *placeholder* dokumen. *Drone* pengiriman dokumen telah dikembangkan berdasarkan desain dan uji terbang yang telah dilakukan untuk mengevaluasi *drone* dari perspektif penerbangan *point-to-point* dan akurasi pendaratan. Ditemukan bahwa *drone* yang dikembangkan telah berhasil melakukan penerbangan *autonomous point-to-point* dari titik-titik yang telah ditentukan sebelumnya di FMIPA IPB dan FATETA IPB. Rata-rata waktu pengiriman (penerbangan) dari FMIPA IPB ke FATETA IPB dan dari FATETA IPB ke FMIPA IPB adalah 2 menit, dengan jarak tempuh kurang lebih 360 meter. Tes penerbangan menunjukkan bahwa semakin berat muatan *drone*, semakin rendah akurasi pendaratan. Rata-rata akurasi pendaratan tanpa muatan untuk uji terbang dari FMIPA IPB ke FATETA IPB adalah 1,02 m sedangkan dengan muatan maksimum adalah 1,97 m. Rata-rata akurasi pendaratan untuk uji terbang dari FATETA IPB ke FMIPA IPB adalah 0,53 m sedangkan dengan muatan maksimum 0,703 m. Pengujian muatan maksimum *drone* dengan pemilihan baterai, ditemukan bahwa ketika baterai Lipo 3 Cells 5.000 mAh digunakan, *drone* dapat mengangkat hingga 1 kg dokumen. Namun, ketika baterai Lipo 6 Cells 10.000 mAh digunakan, *drone* hanya dapat mengangkat dokumen hingga 0,5 kg, karena bobot baterai. Dapat disimpulkan bahwa muatan maksimum *drone* tergantung pada pemilihan baterai.

### 5.2 Saran

*Drone Tarot FY680Pro* pada penelitian ini dirancang khusus untuk mengangkat dokumen, Sebelum melakukan misi pengantaran dokumen diharapkan memeriksa setiap komponen pada *drone*, terutama pada bagian baterai dan juga isi dalam *placeholder*. Hindari komponen yang bisa membuat *drone* mengalami kehilangan keseimbangan, karena dapat menyebabkan *error* sehingga membuat *drone* jatuh saat melakukan misi. Penelitian selanjutnya diharapkan mengembangkan sistem lainnya, seperti pengembangan *auto-charging* menggunakan panel surya ataupun penambahan sensor pengenalan citra untuk pengenalan rintangan sehingga *drone* dapat beroperasi ke dalam area Gedung ataupun meningkatkan akurasi pendaratan *drone*.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adi AP. 2019. Panduan Cepat SEO untuk pemula. Jakarta (ID): Elex Media Komputindo.
- Arifin F, Daniel RA, Widiyanto D. 2014. Autonomous Detection And Tracking Of An Object Autonomously Using Ar.Drone Quadcopter. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*. 7(1):11-17. DOI: 10.21609/jiki.v7i1.251.
- Azmi AA, Wahyudi. 2019. Perancangan Sistem Autonomous pada Pesawat Model UAV Jenis Glider. *Jurnal Material dan Proses Manufaktur*. 3(1):28-35.
- Irzal M, Hendarno A, Agustine, D. 2020. Drone (Hexacopter) vs Car, Efficiency of Delivery Breast Milk Problem (Case Study in Jakarta). In 1st International Multidisciplinary Conference on Education, Technology, and Engineering (IMCETE 2019). 262-263. Atlantis Press. doi.org/10.2991/assehr.k.200303.063.
- Babgei AF, Suryoatmojo H. 2020. Building an Unmanned Aerial Vehicle for Humanitarian Aid Delivery. *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems*. 10(1):52-64.
- Basukesti A. 2016. Perancangan Sistem Tele-Navigation Pada Pesawat Tanpa Awak (Micro Uav). *Jurnal SIMETRIS*. 7(1):105-110.
- BPPT, Klaster Teknologi Pertahanan dan Keamanan Pesawat Udara Nir Awak (PUNA), <http://pusyantek.bppt.go.id/id/pages/klaster-teknologi/pertahanan-dan-keamanan/pesawat-udara-nir-awak-puna>. Diakses 25 Mei 2021.
- Cherry T, Myo ZT, Myo HT, Min ZN, Khine WM. 2017. Development Of Arduino Based Hexacopter. *International journal of scientific & technology*. 6(4):141-146.
- Damanik HA, Anggraeni M. 2018. Teknik Pengujian Keamanan Data Teks Bertingkat Dengan Metode Steganography LSB dan Teknik Enkripsi. *Jurnal Penelitian Pos dan Informatika*. 8(2):109-122.
- Darajat AU, Komarudin MK, dan Ratna SS. 2012. Sistem Telemetri Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Berbasis Inertial Measurement Unit (IMU). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*. 6(3):169- 177.
- Dardoize T, Ciochetto N, Hong J-H, Shin H-S. 2019. Implementation of Ground Control System for Autonomous Multi-agents using QGroundControl. *Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems (RED UAS)*. IEEE. DOI: 10.1109/reduas47371.2019.8999717.
- Durban JW, Fearnbach H, Barrett-Lennard LG, Perryman WL, dan Leroi DJ. 2015. Photogrammetry of Killer Whales Using A Small Hexacopter Launched at Sea. *J. Unmanned Veh. Syst*. 3:131–135. DOI: 10.1139/juvs-2015-0020.
- Fajar M, Arifianto O. 2017. Perancangan Autopilot Lateral-Direksional Pesawat Nirawak Lsu-05 (The Design Of The Lateral-Directional Autopilot For The Lsu-05 Unmanned Aerial Vehicle). *Jurnal Teknologi Dirgantara*. 15(2):93-104.
- Fernando E, Touriono D. 2016. Rancangan Model Frame Multicopter: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Media Processor*. 11(2):260-269.

- Goodchild A, Toy J. 2018. *Delivery by Drone: An Evaluation of Unmanned Aerial Vehicle Technology in Reducing CO2 Emissions in The Delivery Service Industry*. Elsevier.
- Maulana R , Hadi SW, Setyawan GE. 2018. Sistem Kendali Navigasi Ar. Drone Quadcopter Dengan Prinsip Natural User Interface Menggunakan Microsoft Kinect. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2(1):380-386.
- Harista AF, Nuryadi S. 2018. Sistem Navigasi Quadcopter Dan Pemantauan Udara. *Jurnal TeknoSAINS Seri Teknik Elektro*. 1(1):1-22.
- Hidayat R, Mardiyanto R. 2016. Pengembangan Sistem Navigasi Otomatis Pada UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dengan GPS (Global Positioning System) Waypoint. *Jurnal Teknik ITS*. 5(2):A-898-A-903.
- Hazim M, Priandana K, Wulandari. 2020. Pengambilan Data Terbang Quadcopter sebagai Data Latih pada Sistem Kendali Jaringan Saraf Tiruan Propagasi Balik. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*. 7(1):50-61.
- Huda NM, Debatara, NN, Sulistianingsih E. 2016. Estimasi Confidence Titik Panas Pada Kebakaran Hutan Menggunakan Metode Ordinary Kriging. *Jurnal Buletin Ilmiah Math. Stat. dan Terapannya*. 5(1)61-68.
- Indreswari S. 2018. Analisis Peran Unmanned Aerial vehicle Jenis Multicopter Dalam meningkatkan Kualitas Dunia Fotografi Udara Di Lokasi Jalur Selatan Menuju Calon Bandara Baru Di Kulonprogo. *Jurnal Rekam* 14(1):17-25.
- Lighthart JAJ, Poksawat P, Wang L, Nijmeijer H. 2017. Experimentally Validated Model Predictive Controller for a Hexacopter. 50(1):4076– 4081. DOI: 10.1016/j.ifacol.2017.08.791.
- Mardiansyah D, Budi AHS. 2018. UAV Vision System for Rescue Payload Delivery. *International Symposium on Materials and Electrical Engineering. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 384 (2018) 012005. DOI:10.1088/1757-899X/384/1/012005
- Meier L, Tanskanen P, Frandorfer F, Pollefeys M. 2011. PIXHAWK: A System for Autonomous Flight using Onboard Computer Vision. *International Conference on Robotics and Automation. IEEE*. doi:10.1109/icra.2011.5980229.
- Miftahuddin Y, Umaroh S, Karim FR. 2020. Perbandingan Metode Perhitungan jarak Euclidean, Haversine, Dan Manhattan dalam Penentuan Posisi Karyawan (Studi Kasus: Institut Teknologi Nasional Bandung). *Jurnal Tekno Insentif*. 14(2):69-77. DOI: 10.36787/jti.v14i2.270.
- Pallas FA, Setyawan GE, Parsetio BH. 2018. Sistem Kendali Navigasi Quadcopter Menggunakan Suara Melalui Smartphone dan Arduino dengan Metode Text Processing. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*. 2(2):732-738.
- Pamungkas CA. 2019. Aplikasi Penghitung Jarak Koordinat Berdasarkan Latitude Dan Longitude Dengan Metode Euclidean Distance dan Metode Haversine. *Jurnal INFORMA Politeknik Indonusa Surakarta*. 5(2):8-13.
- Park J, Kim S, Lee J, Ham J, Oh, K. 2019. Method of operating a GIS-based autopilot drone to inspect ultrahigh voltage power lines and its field tests. *Journal of Field Robotics*. 1-17 DOI: 10.1002/rob.21916
- Paula N, Areias B, Reis AB, Sargento, S. 2019. Multi-drone Control with Autonomous Mission Support. *International Conference on Pervasive*

- Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops). IEEE. DOI: 10.1109/percomw.2019.8730844.
- Prastya SE, Cipta SP, Nugraha B. 2020. Analisis Log Penerbangan Pada Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Sebagai Barang Bukti Digital. *Jurnal Teknologi Informasi Universitas Lambung Mangkurat*. 5(1):11-18.
- Rahmadhani A, Richard, Isswandhana R, Giovani A, dan Syah, R. A. 2018. LoRaWAN as Secondary Telemetry Communication System for Drone Delivery. *International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*. IEEE. DOI: 10.1109/iotais.2018.8600892.
- Rizqi M. 2018. Perencanaan Jalur Terbang Tanpa Pilot Pada Proses Pengumpulan Data Untuk Pemetaan Dengan Penerbangan Tanpa Awak. *Jurnal Lintas Sistem Informasi dan Komputer*. 27(1):3-13-3-19.
- Saputra AA, Dharmawan A. 2013. Rancang Bangun Quadcopter untuk Pemantauan Kadar Karbon Monoksida di Udara. *Indonesian Journal of Islamic Education Studie*. 3(1):11-22.
- Sartika EM, Gany A, Yuvens V. 2020. Implementasi Sensor IMU untuk mengetahui Sudut Elevasi Kendaraan menggunakan Metode Least Square. *Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*. 8(2):301-312. DOI: <http://dx.doi.org/10.26760/elkomika.v8i2.301>.
- Satria A. 2019. Rencana Strategis Institut Pertanian Bogor 2019-2023. Renstra IPB, Bogor.
- Setyawan F, Fikri AA, Fuad AN, Rohim RFR. 2017. Telemetri Flowmeter Menggunakan RF Modul 433MHz. *Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA*. 1(1):8-14. DOI: 10.21070/jeee-u.v1i1.9.
- Suprpto BY, Heryanto MA, Suprijono H, Muliadi J, Kusumoputro B. 2017. Design and development of heavy-lift hexacopter for heavy payload. In 2017 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication. 242-247. IEEE. DOI: 10.1109/ISEMANTIC.2017.8251877.
- Utomo B. 2017. Drone Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Jurnal Media Komunikasi Geografi*. 18(2):146-155.
- Yang K, Yang GY, Huang Fu SI. 2020. Research of Control System for Plant Protection UAV Based on Pixhawk. *Procedia Computer Science*. 166: 371–375. Elsevier. DOI: 10.1016/j.procs.2020.02.082.
- Yudhana A, Wardani M. 2017. Rancang Bangun Penyemprot Pestisida Untuk Pertanian Padi Berbasis Quadcopter. *Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika*. 3(2):132-140.
- Zhang J, Gu D, Deng C, Wen B. .2019. Robust and Adaptive Backstepping Control for Hexacopter UAVs. *IEEE Access*. 7(163502–163514). doi: 10.1109/ACCESS.2019.2951282.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota curup pada tanggal 10 bulan 04 tahun 1996 sebagai anak pertama dari pasangan Bapak Hery Hutagalung dan Ibu Lita Kencana. Pendidikan sarjana ditempuh pada tahun 2013 di Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu , dan lulus pada tahun 2017.

Setelah lulus kuliah sarjana penulis memulai karir sebagai BFA pada BRI Life Palembang bekerja pada tahun juni 2018 hingga januari 2019, selanjutnya penulis juga pernah bekerja sebagai administrasi di PT. Telkom Tbk Kepahiang dari Januari 2019 hingga Agustus 2019. Pada Agustus tahun 2019, dan pekerjaan sampingan pada April hingga Mei 2019 menjadi Operator SITUNG pada pemilihan umum di KPU Kepahiang. Selanjutnya penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S2) di Program Studi Ilmu Komputer pada Sekolah Pascasarjana Universitas IPB dan menyelesaikannya pada tahun 2021.

Selama mengikuti program S2, penulis membuat Karya ilmiah berjudul Perancangan Sistem Pengantaran Dokumen Berbasis Pesawat Tak Berawak dan telah disajikan pada seminar 6 Mei 2021 hingga Ujian Tesis 18 Juni 2021.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.