

MODIFIKASI DRONE PEMBAWA RADIO PANCAR ULANG (REPEATER) VHF DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN

Muhammad Caesar Akbar¹, Ivana Wardani², Jhon Matthew Sipayung³

mhdcaesar@poltekbangmedan.ac.id¹, ivanawardani27@gmail.com²,

jhonmatthew12.jm@gmail.com³

Politeknik Penerbangan Medan

ABSTRAK

Penulis mengembangkan drone hexacopter sebagai pembawa beban yaitu radio pancar ulang repeater, dalam berbagai sektor industri. Hexacopter, dengan enam rotor, menawarkan stabilitas dan daya angkat yang lebih besar dibandingkan dengan quadcopter, menjadikannya pilihan ideal untuk tugas pengangkutan beban berat. Penelitian ini mencakup desain, pembuatan, dan pengujian prototipe hexacopter yang mampu membawa beban hingga 6 kilogram maksimal. Metodologi yang digunakan meliputi analisis struktural, pengujian aerodinamis, dan simulasi penerbangan untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi energi. Hasil menunjukkan bahwa hexacopter mampu mengangkut beban secara efisien dengan stabilitas yang baik, bahkan dalam kondisi cuaca yang menantang. Sistem software mission planner dapat secara signifikan mengurangi waktu dan usaha yang diperlukan untuk merencanakan misi penerbangan dan efektif meningkatkan presisi dan keselamatan penerbangan drone. Mission Planner juga terintegrasi dengan komponen Flight Control untuk mengirimkan data ketinggian, kecepatan, dan informasi mengenai kinerja terbang drone pada remote control. Penelitian ini menyimpulkan bahwa hexacopter pembawa beban memiliki potensi besar untuk merevolusi berbagai industri, dengan memperhatikan pengembangan teknologi dan kerangka regulasi terus ditingkatkan agar dapat memaksimalkan kinerja drone sebagai drone pembawa beban.

Kata Kunci: Hexacopter, Mission Planner, Drone, Flight Control, Software.

ABSTRACT

Develops a hexacopter drone as a load carrier, a radio retransmit repeater, in various industrial sectors. Hexacopters, with six rotors, offer greater stability and lift compared to quadcopters, making them an ideal choice for heavy load transport tasks. This research covers the design, manufacture and testing of a hexacopter prototype capable of carrying loads up to 6 kilograms. The methodology used includes structural analysis, aerodynamic testing, and flight simulation to optimize performance and energy efficiency. Results show that the hexacopter is capable of efficiently transporting loads with good stability, even in challenging weather conditions. The mission planner software system can significantly reduce the time and effort required to plan flight missions and effectively improve drone flight precision and safety. The Mission Planner is also integrated with the Flight Control component to transmit altitude data, speed, and information about the drone's flight performance to the remote control. This study concludes that the load-carrying hexacopter has great potential to revolutionize various industries, provided that technological development and regulatory frameworks are continuously improved in order to maximize the drone's performance as a load-carrying drone.

Keywords: Hexacopter, Mission Planner, Drone, Flight Control, Software

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi modern telah membawa banyak manfaat bagi segala kebutuhan umat manusia, baik di bidang informasi, komunikasi, transportasi dan bidang lainnya. Berbagai jenis teknologi dan perangkat sedang dikembangkan untuk membuat pekerjaan manusia lebih efisien, cepat, dan mudah. Bimo Jati Utomo (2015) menjelaskan bahwa Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau biasa disebut kendaraan udara tak berawak

saat ini mengalami perkembangan yang sangat pesat di seluruh dunia. Kegunaan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dikategorikan sangat luas, mulai dari industri pertanian, industri pertahanan, pertambangan, dan lain-lain. Selama ini Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dapat dibedakan menjadi dua kategori, yaitu pesawat fixed-wing (model pesawat bersayap) dan pesawat multicopter (model pesawat bersayap). Ada banyak jenis Unmanned Aerial Vehicle (UAV), termasuk hexacopter, yang tergolong dalam kategori multicopters, yang menggunakan enam baling-baling yang disusun dalam bintang berujung enam untuk mendorong dirinya ke udara. Drone Hexacopter merupakan jenis drone Unmanned Aerial Vehicle (UAV) tipe rotary wing yang memiliki ukuran lebih besar dibandingkan drone quadcopter dan tricopter, Hexacopter memiliki enam motor penggerak yang memungkinkannya untuk mencapai tingkat stabilitas dan keandalan yang tinggi selama penerbangan, Dalam buku Teknologi Drone terdapat “Bagian besar tetap aman saat menjelajahi multirotor adalah belajar sebanyak mungkin tentang teknologi mereka, dan potensi risikonya” Agus Wibowo (2013). Keunggulan dari hexacopter yaitu kemampuan dan daya tahan terbang lebih lama dan daya angkat beban lebih besar dibandingkan dengan quadcopter maupun tricopter, sehingga cocok untuk aplikasi yang memerlukan daya angkat yang cukup besar seperti mengangkut beban berupa cairan pestisida (Kris Hariyanto&EkoPoerwanto2021).

Sarana komunikasi dan informasi yang semakin meluas juga membutuhkan perkembangan teknologi. Banyak sekali penemuan alat-alat komunikasi berupa perangkat radio yang semakin canggih, baik dari kekuatan daya pancarnya dan penggunaan yang lebih efisien. Inovasi pada drone pembawa radio pancar ulang (repeater) bertujuan agar repeater yang memiliki posisi fix yang dapat lebih fleksibel dalam penggunaannya dan juga radio pancar ulang menjadi lebih portable menggunakan Rig. Rig adalah salah satu alat komunikasi dua arah melalui radio dengan status amatir yang telah diakui. Frekuensi yang digunakan oleh radio rig yaitu Very High Frequency (VHF) bekerja yang pada frekuensi 30 MHz sampai dengan 300 MHz. Karakteristik dari radio Very High Frequency (VHF).

Drone pembawa repeater Very High Frequency (VHF) memerlukan pengembangan teknologi otonom dan pengendalian yang canggih agar dapat beroperasi dengan stabil di lingkungan politeknik penerbangan medan. Dengan demikian, proyek akhir ini dibuat sebuah rancangan bertujuan untuk mengembangkan dan menciptakan inovasi yaitu drone pembawa repeater Very High Frequency (VHF) yang efektif.

METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian yang bertujuan untuk pengembangan hasil produk yaitu dengan menggunakan metode Reasearch and Development (R&D). Metode Reasearch and Development (R&D) merupakan proses atau tahap untuk penyempurnaan produk yang sudah ada ataupun pengembangan suatu produk baru. Pengertian penelitian pengembangan menurut (Borg and Gall,1989), “Research and Development (R&D) method by (Borg & Gall,1983) as a method to develop and validate their educational product. In fact, this method using has been tremendously applied by educational practitioner and pegagogues in design the models of educational product.” Pengertian tersebut dapat dijelaskan bahwa “penelitian dan pengembangan merupakan strategi yang kuat untuk meningkatkan praktek. Itu adalah proses yang digunakan untuk mengembangkan dan memvalidasi produk pendidikan”.

Metode penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data penelitian. Data penelitian yang diperoleh harus lah data empriris yang sudah memiliki kriteria valid, reliabel dan objektif. Untuk mendapatkan data penelitian yang empiris tersebut maka seorang

peneliti harus dapat menyusun atau mengembangkan instrumen penelitian yang valid dan reliabel. Proses pengembangan instrumen penelitian yang valid dan reliabel tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan metode penelitian dan pengembangan Research and Development (RnD) (Nurmalasari & Erdiantoro, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian alat mencakup perancangan hardware, perangkaian komponen, dan penginstalan juga integrasi alat dengan software.

1. Perhitungan Beban dan Daya

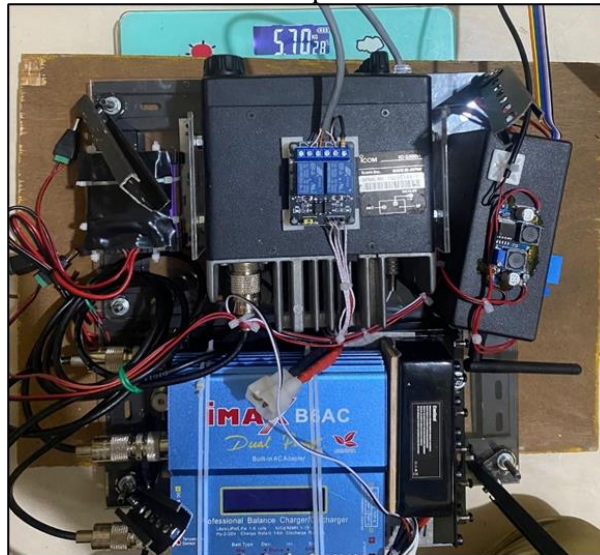
Masing-masing motor dapat mengangkat beban dengan total 1.08 Kg/Motor

a). $Kv \text{ Motor} \times \text{Tegangan} = Rpm : \text{Panjang Propeller} = \text{Thrust}$

$$520 \text{ Kv} \times 25 \text{ V} = 13.000 : 12 = 1.08 \text{ Kg}$$

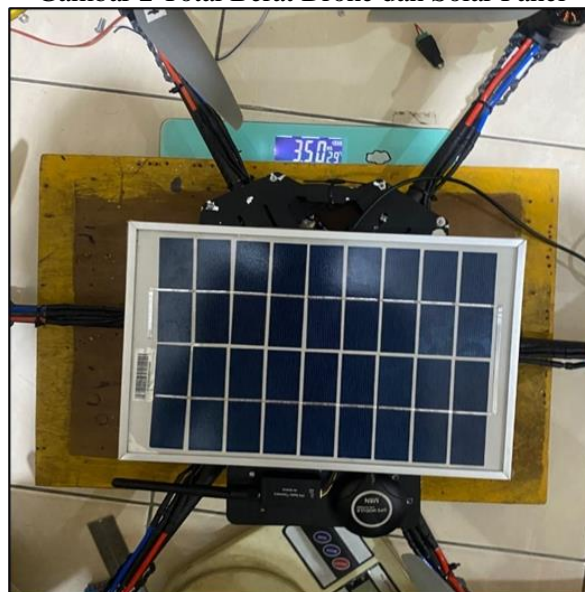
$$1.08 \text{ Kg} \times 6 = 6.48 \text{ Kg}$$

Gambar 1 Total Berat Repeater dan Sensor Cuaca



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 2 Total Berat Drone dan Solar Panel



Sumber : Dokumentasi Penulis

Intalasi Perangkat Keras (Hardware)

Gambar 3 Perakitan Propeller Adaptor



Sumber : Dokumentasi Penulis

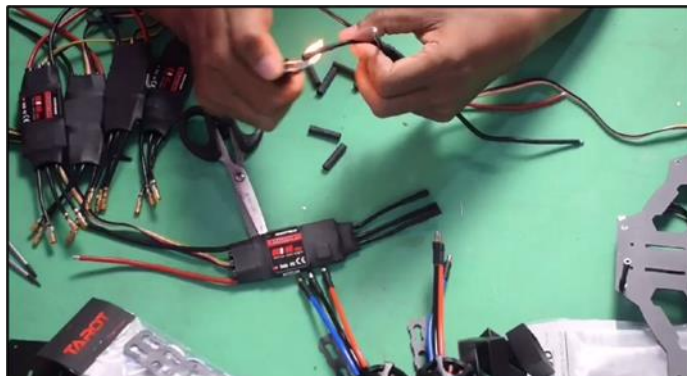
1. Adapun tahapan awal pada perakitan rangkaian perangkat keras pada gambar 4.1 perakitan motor brushless dengan komponen propeller adaptor pada gambar 4.2 bertujuan untuk menyambungkan antara motor dengan propeller.
 - a. Memasang propeller adaptor pada shaft motor.
 - b. Memastikan adaptor terpasang dengan baik dan tidak longgar

Gambar 4 Komponen Propeller Adaptor



Sumber : Dokumentasi Penulis

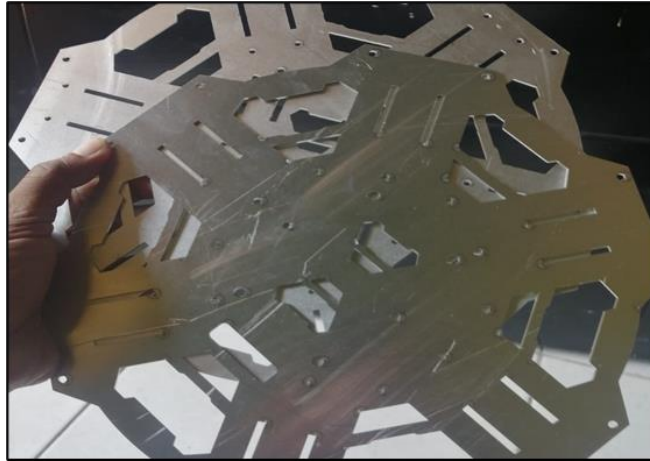
Gambar 5 Perakitan soket ESC



Sumber : Dokumentasi Penulis

2. Perakitan soket pada Electronic Speed Control (ESC) difungsikan sebagai penhubung antara Electronic Speed Control (ESC) dengan motor brushless.

Gambar 6 Hasil Custom Center Plate Hexacopter



Sumber : Dokumentasi Penulis

3. Bahan utama dari upper plate dan bottom plate pada drone hexacopter menggunakan bahan aluminium yang memiliki sifat ringan, sehingga dapat memaksimalkan kinerja drone pada saat terbang karena meminimalisir beban yang ada pada drone. Ukuran upper plate dan bottom plate yang digunakan 26.5 cm x 27 cm.

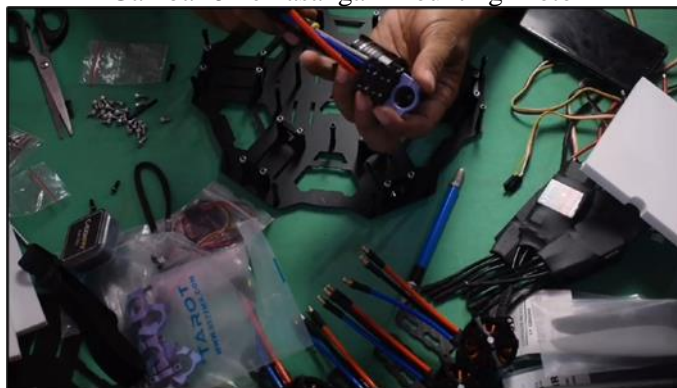
Gambar 7 Perakitan Bottom Plate Drone



Sumber : Dokumentasi Penulis

Pemasangan baut dan kaki bottom plate sebagai wadah peletakan Power Distribution Unit (PDB), Electronic Speed Control (ESC) dan kabel konektor.

Gambar 8 Pemasangan Mounting Motor



Sumber : Dokumentasi Penulis

4. Mounting motor pada drone adalah proses pemasangan motor pada rangka drone dengan tujuan memastikan motor terpasang dengan kuat, tepat, dan sejajar. Hal ini sangat penting untuk memastikan drone dapat terbang dengan stabil dan efisien.
 - a. Pemasangan dilakukan dengan menempatkan motor pada motor mount dengan

- posisi lubang sekrup sejajar.
- Menggunakan Sekrup untuk mengamankan motor pada motor mount dan memastikan untuk mengencangkan sekrup secara merata agar tidak terjadi ketidak sejajaran.
 - Pemasangan Motor mount pada frame drone Motor Mount ditempatkan pada ujung frame.
 - Memastikan semua sekrup terpasang dengan kuat.

Gambar 9 Komponen Motor Mount



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 10 Hasil Mounting Motor dan Pemasangan pada Frame Drone



Sumber : Dokumentasi Penulis

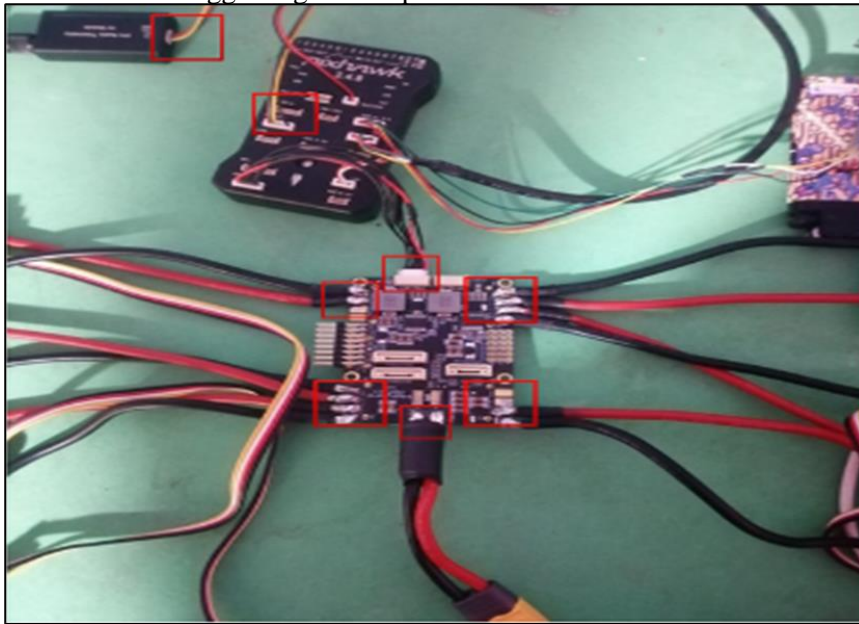
Mounting motor pada drone adalah proses krusial yang membutuhkan perhatian terhadap detail untuk memastikan motor terpasang dengan benar dan aman.

Gambar 11 Pembagian Port Pada Flight Control



Sumber : Dokumentasi Penulis

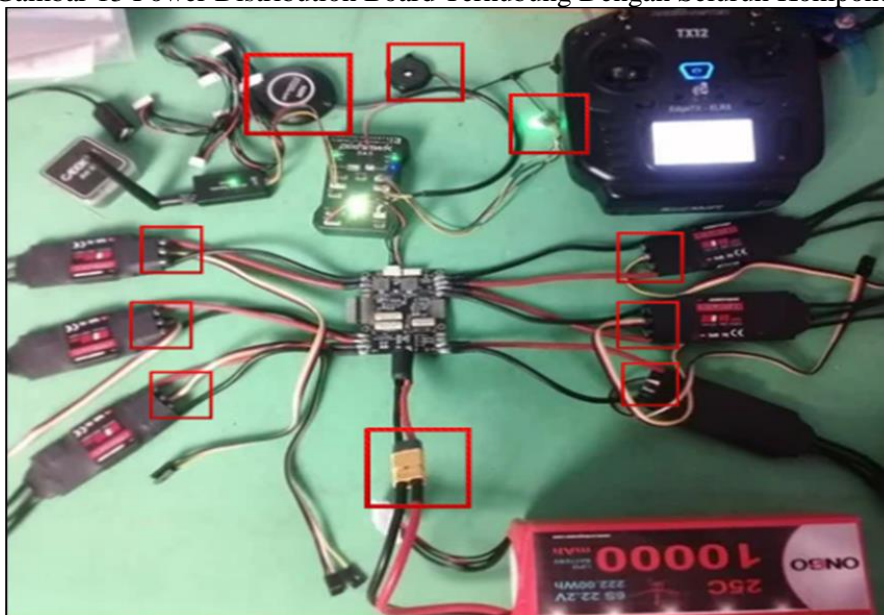
Gambar 12 Penggabungan Komponen Pada Power Distribution Board



Sumber : Dokumentasi Penulis

5. Power Distribution Board menjadi pusat penghubung setiap komponen.
 - a. Power Distribution Board dihubungkan dengan flight control.
 - b. Telemetri Transmitter dihubungkan pada port flight control yang sudah tersedia untuk Telemetri.

Gambar 13 Power Distribution Board Terhubung Dengan Seluruh Komponen

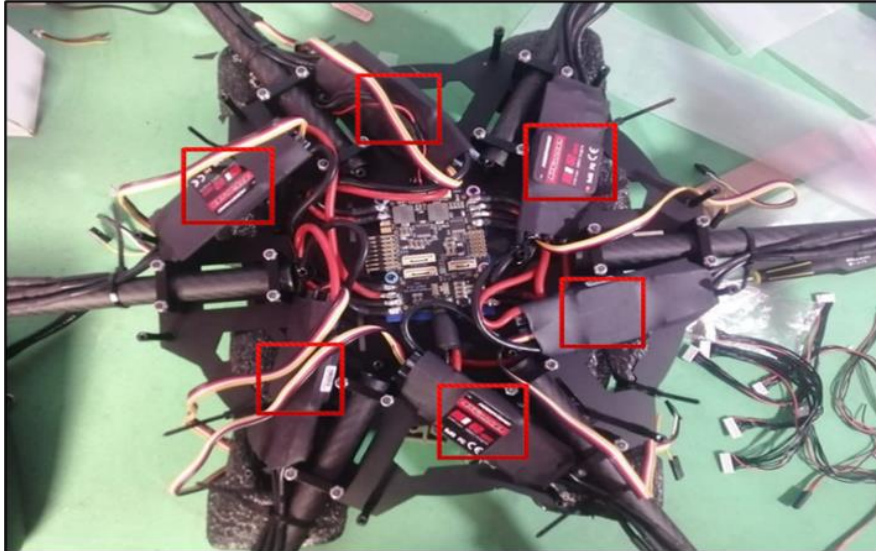


Sumber : Dokumentasi Penulis

6. Pada gambar 4.9 menunjukkan keterangan pada masing masing port yang tersedia pada Flight Control Pixhawk, berikut pada gambar 4.11 menunjukkan penjelasan detail antar komponen yang saling terhubung.
 - a. Baterai dihubungkan melalui soket kabel power eksternal pada Power Distribution Board (PDB) sebagai sumber daya untuk komponen lainnya.
 - b. Electronic Speed Controller (ESC) dihubungkan pada Power Distribution Board

- (PDB) dengan menyolder pin ground dan B+ pada ujung sisi kanan kiri board
- c. Flight Control Pixhawk terhubung dengan Power Distribution Board (PDB) melalui port distribution power pada ujung center board
- d. Receiver dihubungkan melalui port serial 4/5
- e. Buzzer terhubung melalui 2 buzzer
- f. GPS terhubung melalui port 7 GPS
- g. Telemetri terhubung melalui port TELEM 1

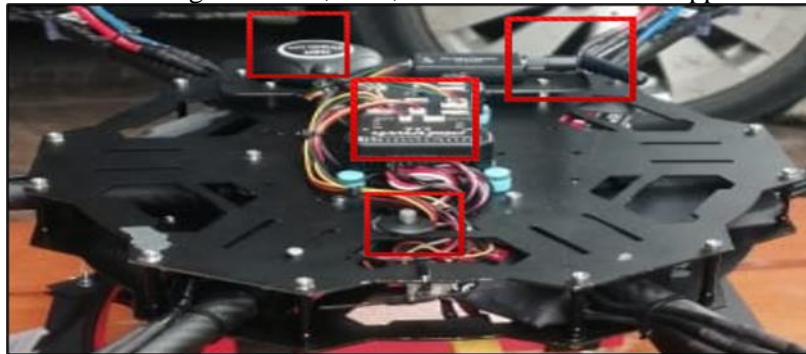
Gambar 14 ESC dan Power Distribution Board Pada Bottom Plate



Sumber : Dokumentasi Penulis

7. Electronic Speed Controller (ESC) dan Power Distribution Board (PDB) ditempatkan pada bottom plate drone dimana komponen tersebut terletak tepat dibawah upper plate bertujuan agar komponen utama terletak dengan aman saat drone beroperasi.

Gambar 15 Flight Control, GPS, Buzzer dan Telemetri Upper Plate



Sumber : Dokumentasi Penulis

8. Flight Control, GPS, dan Buzzer diletakan pada upper plate agar komponen tersebut dapat beroperasi dengan baik, GPS dapat menentukan dan mengunci titik kordinat posisi drone dengan tepat jika tidak ada halangan tepat di atas modul GPS. Flight Control ditempatkan pada permukaan upper plate bertujuan untuk dapat dimonitor dan mempermudah setting pada Flight Control.

Tabel 1 Komponen Upper Plate

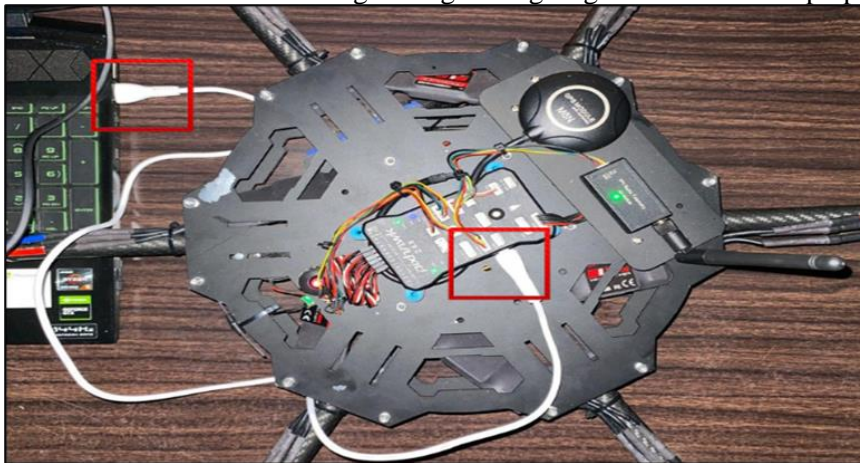
| NO | KOMPONEN | KETERANGAN |
|----|----------|--|
| 1. | GPS | Menerima sinyal dari satelit untuk menentukan <i>fix position</i> dan membantu menentukan <i>waypoint</i> dalam penerbangan <i>drone</i> . |

- | | | |
|-------|-----------------------|--|
| 2. | <i>Telemetry</i> | TX <i>Telemetry</i> memancarkan frekuensi 433 MHz yang digunakan untuk memonitoring penerbangan <i>drone</i> maupun setup atau setting program pada <i>drone</i> . |
| <hr/> | | |
| 3. | <i>Flight Control</i> | Komponen utama yang menjadi otak pada rangkaian <i>drone hexacopter</i> yang sudah membawa berbagai macam sensor juga fitur dengan bentuk yang minimalis. |

Intalasi Perangkat Lunak (Software)

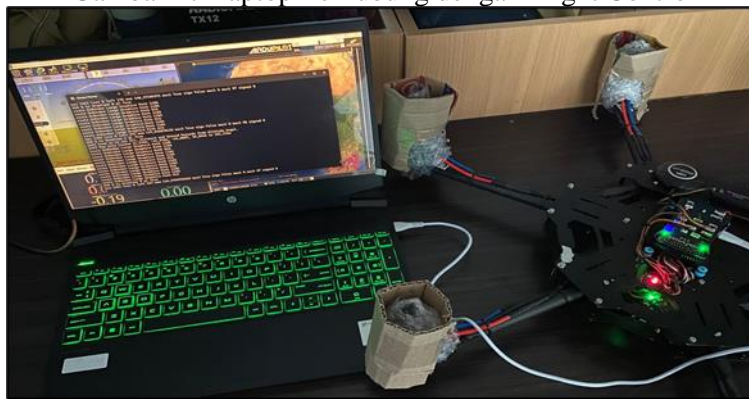
1. Menghubungkan Flight Control Pixhawk dengan laptop menggunakan kabel USB to micro, drone dapat dihidupkan tanpa menggunakan baterai utama karena mendapat sumber daya dari laptop yang diperuntukan hanya untuk setting komponen dan juga software Mission Planner.

Gambar 16 Kabel USB Sebagai Penghubung Flight Control dan Laptop



Sumber : Dokumentasi Penulis

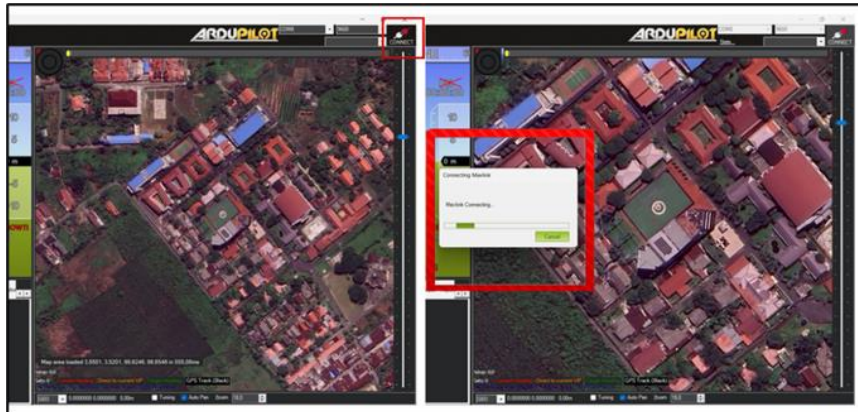
Gambar 17 Laptop Terhubung dengan Flight Control



Sumber : Dokumentasi Penulis

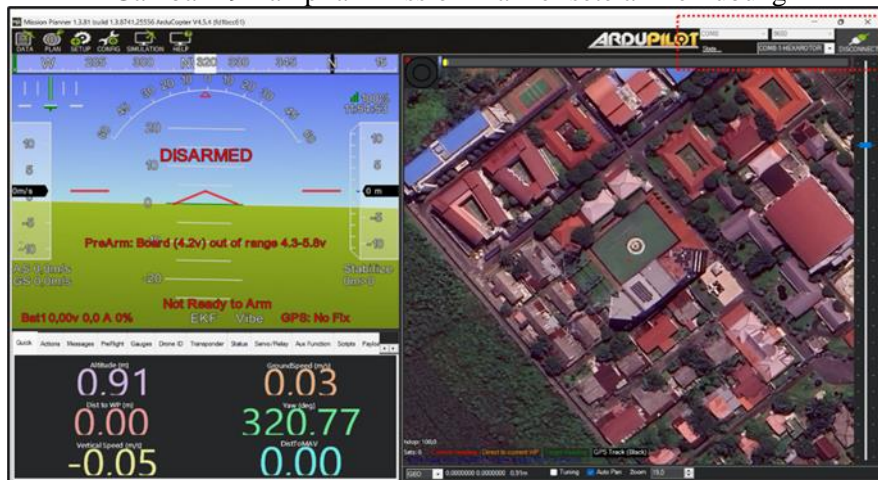
2. Laptop yang sudah terhubung dengan Flight Control Pixhawk akan menampilkan notifikasi live yang ping secara terus menerus berupa command dan tampilan kedua yang berupa homescreen dari mission planer.

Gambar 18 Tampilan Mission Planner sebelum terhubung



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 19 Tampilan Mission Planner setelah Terhubung



Sumber : Dokumentasi Penulis

3. Pada gambar 4.16 dan 4.17 menunjukkan tampilan sebelum dan sesudah software Mission Planner terhubung dengan perangkat Laptop. Saat sesudah terhubung GPS akan otomatisasi untuk mencari sinyal dan mengunci posisi dimana drone berada.
 - a. Disarmed pada drone berarti bahwa sistem pengendalian dan motor pada drone tersebut dalam keadaan nonaktif, ini sering dilakukan untuk alasan keamanan, mencegah motor berputar secara tidak sengaja dan menyebabkan kerusakan atau cedera. Ketika drone disarmed, meskipun baterai terpasang dan daya listrik tersedia, motor tidak akan berputar dan drone tidak akan bisa terbang.
 - b. ProArm Board (4.2 v) out of range pada tampilan mission planner menunjukkan bahwa drone tidak mendapatkan pasokan daya dari baterai.
 - c. Not Ready To Arm menunjukkan bahwa drone tidak siap dan belum bisa untuk di operasikan
 - d. GPS no Fix menunjukkan bahwa GPS pada drone belum terkunci ataupun posisi drone belum ditentukan.

Hasil Pengujian

Bertujuan untuk menguji drone hexacopter dengan membawa beban dan tidak membawa beban untuk memastikan berat maksimal yang dapat diterbangkan oleh drone

Pengujian Drone Tanpa Beban

Pengujian drone tanpa membawa beban dapat hover dengan normal sampai dengan ketinggian 30 meter dengan throttle 60%

Tabel 2 Pengujian Drone Tanpa Beban

| NO | KETINGGIAN | KETERANGAN | WAKTU |
|----|------------|--|----------|
| 1. | 5 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 40 %</i> | 12 Menit |
| 2. | 10 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 46 %</i> | 12 Menit |
| 3. | 15 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 50%</i> | 12 Menit |
| 4. | 20 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 55%</i> | 12 Menit |
| 5. | 30 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 60%</i> | 12 Menit |

Gambar 20 Drone Tanpa Beban Hover ketinggian 1 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 21 Drone Hover Ketinggian 10 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

4. Pada gambar 4.20 dan 4.21 menunjukkan perbedaan drone hover dengan ketinggian 1 meter dan 10 meter. Lepas landas dilakukan pada area yang terbuka dan luas agar drone dapat hover lebih bebas tanpa.

Gambar 22 Drone Hover ketinggian 30 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

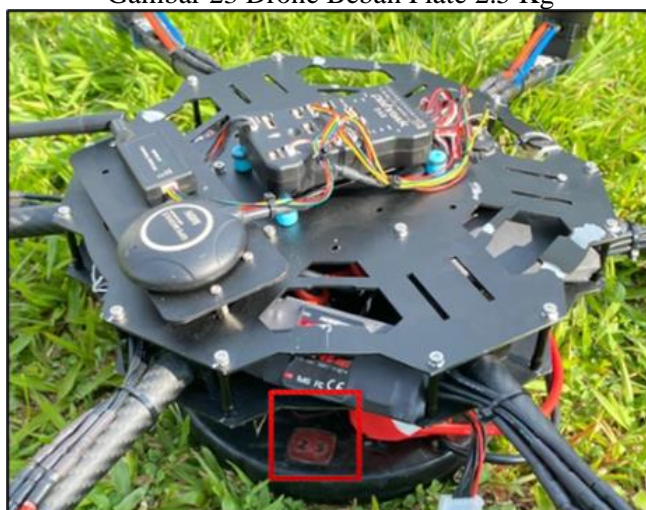
Pengujian Drone Dengan Beban

1. Pengujian pada drone hexacopter dengan menggunakan beban 2.5 Kg tanpa kaki drone atau penyangga pendaratan drone dapat beroperasi dengan normal karena adanya plate beban yang terletak pada bagian bawah baterai drone sebagai pengganti kaki drone.

Tabel 3 Pengujian Drone Dengan Beban 2.5 Kg

| NO | KETINGGIAN | KETERANGAN | WAKTU | |
|----|------------|--|----------|-------------------|
| 1. | 5 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 40 %</i> | 10 Menit | 2.5 KG |
| 2. | 10 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 50 %</i> | 10 Menit | |
| 3. | 15 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 55 %</i> | 10 Menit | |
| 4. | 20 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 57 %</i> | 10 Menit | |
| 5. | 25 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 60 %</i> | 10 Menit | |

Gambar 23 Drone Beban Plate 2.5 Kg



Sumber : Dokumentasi Penulis

Gambar 24 Drone Plate 2.5 Kg Hover 25 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

2. Pengujian pada drone hexacopter dengan menggunakan beban 5 Kg tanpa kaki drone atau penyangga pendaratan drone dapat beroperasi dengan normal karena adanya plate beban yang juga terletak pada bagian bawah baterai drone sebagai pengganti kaki drone.

Tabel 4 Pengujian Drone Dengan Beban 5 KG

| NO | KETINGGIAN | KETERANGAN | WAKTU | |
|----|------------|---|---------|-------------|
| 1. | 5 Meter | Drone hover normal dengan throttle 50 % | 8 Menit | |
| 2. | 10 Meter | Drone hover normal dengan throttle 55 % | 8 Menit | |
| 3. | 15 Meter | Drone hover normal dengan throttle 58 % | 8 Menit | 5 KG |
| 4. | 20 Meter | Drone hover normal dengan throttle 60 % | 8 Menit | |
| 5. | 25 Meter | Drone hover normal dengan throttle 68 % | 8 Menit | |

Gambar 25 Drone Plate 5 Kg



Sumber : Dokumentasi Penulis

3. Beban pada drone menggunakan plate yang berukuran 2.5 Kg digabungkan menjadi 1 pasang agar mendapatkan beban tetap yaitu 5 Kg, beban plate diletakan di posisi paling dasar sebagai tumpuan pendaratan atau pengganti kaki drone pada saat uji terbang

dilakukan. Beban yang akan diujikan diikatkan pada bagian upper plate dan bottom plate drone.

Gambar 26 Drone Plate 5 Kg Hover 25 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

4. Pengujian pada drone hexacopter dengan menggunakan beban 6 Kg tanpa kaki drone atau penyangga pendaratan drone dapat beroperasi dengan normal karena adanya plate beban yang juga terletak pada bagian bawah baterai drone sebagai pengganti kaki drone. Perbedaan antara beban drone 2.5 Kg dan 5 Kg yaitu ketika drone membawa beban 6 Kg saat setelah arming dan hover drone mulai tidak stabil pada ketinggian 1 meter.

Gambar 27 Drone Plate 6 Kg



Sumber : Dokumentasi Penulis

Tabel 5 Pengujian Drone Dengan Beban 6 KG

| NO | KETINGGIAN | KETERANGAN | WAKTU | 6 KG |
|----|------------|---|---------|-----------------|
| 1. | 5 Meter | Drone hover normal dengan throttle 55 % | 8 Menit | |
| 2. | 10 Meter | Drone hover normal dengan throttle 58 % | 8 Menit | |
| 3. | 15 Meter | Drone hover normal dengan throttle 60 % | 8 Menit | |
| 4. | 20 Meter | Drone hover normal dengan | 7 Menit | |

throttle 65 %

| | | | |
|----|----------|--|---------|
| 5. | 25 Meter | <i>Drone hover normal dengan throttle 70 %</i> | 6 Menit |
|----|----------|--|---------|

Gambar 28 Drone Plate 6 Kg Hover 20 Meter



Sumber : Dokumentasi Penulis

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan pengamatan yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Drone Hexacopter dapat terbang dengan membawa beban sampai dengan 6 Kg yakni alat repeater, sensor cuaca dan solar panel.
2. Bagian flight control yang ada pada drone ini sering kali disebut dengan bagian otak dari UAV itu sendiri. Karena fungsi dari flight control ini adalah untuk membaca input sinyal yang berasal dari receiver dan sensor kemudian memproses dan memberikan output perintah pada UAV agar bergerak sesuai yang diharapkan.

Saran

Menyadari bahwa rancangan sistem kendali Hexacopter sebagai media pembelajaran masih belum sempurna. Beberapa saran yang dapat diberikan demi penyempurnaan alat, antara lain :

1. Untuk penelitian selanjutnya menambahkan fitur kamera pada sistem drone hexacopter agar dapat memaksimalkan monitoring pada kendali drone
2. Memperbesar kapasitas baterai drone hexacopter agar daya tahan drone hexacopter dapat lebih maksimal dan tahan lama saat di udara.
3. Menambahkan alat tambahan eksternal yaitu goggles yang terintegrasi dengan kamera drone agar dapat memaksimalkan monitoring drone saat di udara.
4. Menambahkan fitur sensor pengukur kecepatan angin untuk dapat memonitor penerbangan drone.
5. Memperbesar ukuran Kv pada motor yang lebih tinggi agar dapat meningkatkan daya dorong yang lebih besar untuk perputaran propeller.
6. Menambahkan fitur monitoring indikator baterai pada drone agar dapat mengukur kapasitas pada baterai drone

DAFTAR PUSTAKA

- AnalisaPembebananpadaMotorBrushlessDC(BLDC)(2018,Desember11).RetrievedfromYunusChandraWibowo:<https://instrument.itb.ac.id/wpcontent/uploads/sites/335/2019/02/38ANALISAPEMBEBANANPADAMOTORBRUSHLESSDCBLDC.pdf>
- Apriliani,I.M.(2018,September3).PENGENALANTEKNOLOGIGLOBALPOSITIONINGSYSTEM(GPS).RetrievedfromDharmakarya:JurnalAplikasiIpteksuntukMasyarakat:<https://jurnal.unpad.ac.id/dharmakarya/article/download/19733/10344>
- Arduino,E.F.(2022,Julii2).BudiPramonoJati.RetrievedfromCYCLOTRON:JurnalTeknikElektro<http://journal.umsurabaya.ac.id/cyclotron/article/view/11757/5189>
- Arif,M.(2019,Februari23).PERANCANGANINTERFACEQUADCOPTERBERBASISARDUINODENGANKONTROLPID.RetrievedfromAbstrakdanArtikelTeknikElektroUnivBungHatta:<https://ejournal.bunghatta.ac.id/index.php/JFTI/article/view/14186>
- AryLeaLagaSepmiati,E.P.(2018,Oktober2).PerancangandanImplementasiSistemVHFERMenggunakanRoipdiJakartaAirTrafficServiceCenter.RetrievedfromJurnalMaestro: 73-1-179-2-10-20210330.pdf
- BN.2020/NO.579,P.M.(2020,Juni8).PERATURANMENTERIPERHUBUNGANTENTANGPENGERASIANPESAWATUDARATANPAAWAKDIRUANGUDARAYANGDILAYANIINDONESIA.RetrievedfromJDIH.DEPHUB.GO.ID:<https://peraturan.bpk.go.id/Details/149457/permenhub-no-37-tahun-2020>
- Borg, W. R. (1989, September 13). Educational Research: An Introduction. Retrieved from Fifth Edition New York and London: Longman: https://www.researchgate.net/publication/232559864_Educational_Research_n_Introduction
- Dalam,R.A.(2023,Maret1).ResearchAndDevelopment(R&D)PenelitianYangInovatifDalam.Retrieved from DHARMAACARIYANUSANTARA: Jurnal Pendidikan, Bahasa dan Budaya: <https://ejournal.nalanda.ac.id/index.php/jdan/article/view/154>
- Dr.Ir.AgusWibowo,M.M.(2022).TEKNOLOGIDRONE.InY.P.TEKNIK,&S.M.Dr.JosephTeguhSantoso(Ed.),TEKNOLOGIDRONE(pp.1204).Semarang,JawaTengah,Indonesia:YAYASANPRIMAAGUSTEKNIK.Retrievedfromhttps://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_d05edb022181d1179f4f63b11179778aec9a2c62_1647857183.pdf
- Dr.Ir.AgusWibowo, M. M.(2022). TEKNOLOGI DRONE. Jawa Tengah, Semarang: YAYASAN PRIMA AGUS TEKNIK.
- Dr.Ir.AgusWibowo,M.M.(2022,Maret22).TEKNOLOGIDRONE.Retrievedfrom[stekom.ac.id:02https://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_d05edb022181d1179f4f63b11179778aec9a2c62_1647857183.pdf](https://digilib.stekom.ac.id/assets/dokumen/ebook/feb_d05edb022181d1179f4f63b11179778aec9a2c62_1647857183.pdf)
- Fogelberg,J.(2013).NavigationandAutonomousControlofaHexacopterinindoorEnvironments. In L. U. LIBRARIES, Department of Automatic Control (pp. 1-75). sweden: Lund University Publication. Retrieved from Lund University.
- Hariyanto,K.(2023,Julii2).ANALISISEFEKTIFITASDRONEPADAPROSESPEMUPUKAN.Retrieved from VORTEX: <https://ejournals.itda.ac.id/index.php/vortex/article/view/1658>
- Jati,B.P.(2022,Julii01).ESCFullbridge3FasaMotorBLDCBerdayaBesarMenggunakanKontrolerArduino.RetrievedfromCYCLOTRON:JurnalTeknikElektro:<https://journal.umsurabaya.ac.id/cyclotron/article/view/11757/5189>
- Mahardhika, C. (2015, Agustus 1). Perancangan dan Implementasi Stasiun Radio Pancar Ulangportabel Frekuensi VHF untuk Bencana Alam. Retrieved from Proceedings of Applied Science: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/appliedscience/article/view/4410>
- Mukhsin, H. (2021, November 25). Remote Control Berbasis Internet of Things. Retrieved from Prosiding Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia: <https://digilib.pens.ac.id/detail.php?id=11044>
- Nasution,M.(2021,Februari13).KarakteristikBateraiSebagaiPenyimpan.RetrievedfromJournalofElectricalTechnology:<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/download/3797/2652>
- Nurmalasari,Y.&(2020,Juni9).PerencanaanDanKeputusan.RetrievedfromJurnalInovasiPenelitian:<https://doi.org/10.22460/q.v1i1p1-10.497>

- Poerwanto, K.H. (2023, 71). ANALISIS EFEKTIFITAS DRONE PADA PROSES PEMUPUKAN CAIR RUNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS TANAMAN PERTANIAN PADI ORGANIK. Retrieved from Vortex: <https://ejournals.itda.ac.id/index.php/vortex/article/view/1658>
- Pradana, M.G. (2016, November 3). SINGLE PROPELLER DRONE (SINGRONE): INOVASI RANCANGAN BANGUN DRONE SINGLE PROPELLER SEBAGAI WAHANA PEMETAAN LAHAN BERBASIS UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV). Retrieved from Jurnal Electronics, Informatics, and Vocational Education (ELINVO): <https://journal.uny.ac.id/index.php/elinvo/article/view/12822>
- Pranita, E. (2023, September 17). Sistem Kontrol Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Arduino Nano. Retrieved from ELECTRICIAN Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro: <https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/download/2524/527/>
- Prasetyo, S.M. (2023, Juli 5). Rancangan Penggunaan Drone Untuk Mengantarkan Paket. Retrieved from mediapublikasi.id: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/oktal/article/view/1437>
- Radio, B.M. (2021, Maret 22). PM Perhubungan Nomor 34 Tahun 2021 tentang Peraturan c.id/pustaka/100341/rancangbangun unmannedaerialvehicle modelquadcopter dengan menggunakan algoritma proportional integral derivative.html
- Wang, X. (2024, May 5). Multioutput Wireless Charger for Drone Swarms With Reduced Switch Requirements and Independent Regulation Capability. Retrieved from IEEEXplore: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10153466>
- Wibowo, Y.C. (2018, Desember 11). Analisa Pembebanan pada Motor Brushless DC. Retrieved from Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO): <https://instrument.itb.ac.id/wp-content/uploads/sites/335/2019/02/38ANALISA-PEMBEBANAN-PADA-MOTOR-BRUSHLESS-DC-BLDC.pdf>
- Widiasari, C. (2020, November 17). Rancang Bangun Drone Quadcopter Tanpa Awak Penyiram Pupuk Tanaman. Retrieved from Jurnal Politeknik Caltex Riau: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer/article/view/4396>
- Zulkia, D.R. (2023, Agustus 22). Pengembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Berbasis Pemetaan Menggunakan Drone. Retrieved from Journal of Urban and Regional Planning: <https://jupl.ubb.ac.id/index.php/zoning/article/view/17>.