

PENGEMBANGAN SISTEM KENDALI *DRONE* BERBASIS GCS (*GROUND CONTROL STATION*), *STABILIZE AND OBJECT DETECTION* MENGGUNAKAN METODE *COLOR FILTERING HSV*

Muzemil¹, Haryanto², Diana Rahmawati³, Miftachul Ulum⁴

^{1, 2, 3, 4}Teknik Elektro, Universitas Trunojoyo, Madura

¹muzemmil963@gmail.com, ²Haryanto@trunojoyo.ac.id,

³diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id, ⁴miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara maritim dan memiliki hutan yang luas, sudah seharusnya memiliki alat yang canggih seperti *drone* untuk memantau setiap pulau dan kebakaran hutan. Dikarenakan alat transportasi udara lebih cepat dibandingkan transportasi darat maupun laut. *Drone* atau sering dikenal dengan istilah *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* adalah pesawat udara tanpa awak yang dapat dioperasikan menggunakan remote control maupun *Ground Control Station (GCS)*. *Drone* yang sudah dilengkapi dengan kamera digunakan dalam membantu dan mempermudah pekerjaan manusia misalnya pengambilan foto dari udara, mengenali dan mendeteksi sebuah objek tertentu dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra digital seperti metode *color filtering HSV*. Dalam pengujian *takeoff quadcopter* menggunakan GCS / laptop yang dilakukan pada tempat berbeda dengan nilai *satcount* 9 sampai 21, maka didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 93,3%. Pada pengujian deteksi menggunakan objek yang berdimensi 115 cm dengan ketinggian maksimal 15 m, diperoleh keberhasilan 90,9%.

Kata Kunci: Indonesia, *Drone*, *Ground control station (GCS)*, dan *Color Filtering*.

Abstract

Indonesia is maritime country and has extensive forests, it should have sophisticated tools such as drones to monitor every island and forest fires. Due to air transportation is faster than land or sea transportation. Drone or often known as *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* is an unmanned airplane that can be operated using a remote control or *Ground control station (GCS)*. Drones equipped with cameras are used to help and facilitate human work such as taking photographs from the air and to recognize and detect a particular object by utilizing digital image processing techniques such as the *HSV color filtering method*. In the *quadcopter takeoff test* using GCS / laptop conducted at different places with a value of *satcount* 9 to 21, then the success rate of 93.3% was obtained. The detection test used an object with a dimension of 115 cm with a maximum height of 15 m, a 90.9% success was obtained.

Key Words: Indonesia, *Drone*, *Ground control station (GCS)*, and *Color filtering*.

1. Pendahuluan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) biasanya disebut wahana tanpa awak dalam bidang ilmu *aeromodelling*. Salah satu jenis UAV (wahana tanpa awak) yang sering digunakan adalah UAV jenis multirotor (menggunakan lebih dari 1 motor) biasa dikenal dengan istilah *drone*. Perkembangan *drone* dari tahun ke tahun sangat pesat. *Drone* saat ini dialih fungsikan untuk membantu menyelesaikan pekerjaan manusia. Salah satunya untuk keperluan militer seperti melakukan misi pengintaian, penyerangan dan *drone* juga bisa digunakan dalam pemadam kebakaran, irigasi, mengawasi pembangunan

MRT dari ketinggian, memantau lalu lintas dari ketinggian, memantau lokasi bencana alam dan merekam atau memotret gambar di tempat bencana alam yang terlalu bahaya. Menurut data *Forest Watch Indonesia (FWI)*, Indonesia masih memiliki 83 hektar luas daratan yang masih tertutup hutan [1]. Berbicara masalah hutan, maka tidak lepas dari bencana alam yang sering terjadi di Indonesia misalnya *illegal logging* (penebangan pohon liar) dan kebakaran hutan menyebutkan bahwa pada ada tahun 2015 menyebutkan bahwa kebakaran hutan di Indonesia diperkirakan mencapai luas 1,7 juta hektar, antara lain di Kalimantan 770.000 hektar, 35,9% di lahan

gambut. Sedangkan di Sumatera 593.000 hektar terbakar, dengan 45.5% lahan gambut dan Sumatera Selatan 221.704 hektar [2]. Dari kebakaran hutan ini maka timbulah kabut asap pekat yang menyebabkan puluhan ribu warga menderita sakit, hampir 30 juta orang terdampak oleh kabut asap pekat seperti di Riau, Jambi dan Kalimantan Tengah dan masih banyak daerah-daerah lainnya.

Indonesia yang merupakan negara maritim dan memiliki hutan yang luas, sudah seharusnya memiliki alat yang canggih seperti *drone* untuk memantau setiap pulau dan kebakaran hutan. Salah satunya dengan cara pemantauan dari udara dengan menggunakan *drone* yang sudah dilengkapi dengan sistem navigasi seperti GPS, kamera dan lain lain. Dikarenakan alat transportasi udara lebih cepat dibandingkan transportasi darat maupun laut. Penelitian ini berfokus pada perancangan *drone* yang dapat kendalikan menggunakan *remote control* maupun melalui GCS (*ground control station*) seperti *takeoff* dan memiliki tingkat kestabilan yang cukup baik. Dengan tingkat kestabilan yang baik, maka *drone* akan lebih mudah untuk dikendalikan. Kestabilan pada *drone* juga mempengaruhi pada hasil foto/gambar yang diambil dari udara.

Pada penelitian terdahulu, telah dilakukan [3, 4, 5], *ground control station* dapat melakukan pemantauan kondisi UAV pada jarak terbatas. Adanya komunikasi antara GCS dengan UAV dengan memanfaatkan jaringan lokal. Sehingga area cakupannya menjadi terbatas dan GCS tidak dapat diakses oleh operator yang berada di luar area jaringan lokal. *Ground control station* hanya bisa memantau kondisi dan mengendalikan UAV pada jarak terbatas saja tentunya tidak baik, sebab untuk melakukan pengawasan diperlukan *ground control station* yang dapat memberikan pantauan kondisi dan kendali UAV secara terus menerus.

Dalam penelitian ini bukan hanya focus pada kestabilan saja, akan tetapi pada daya angkat dan waktu terbang *drone* selama terbang. Dengan cara menghitung panjang *frame*, motor dan kapasitas baterai yang digunakan. Karena *drone* merupakan wahana terbang, jadi harus benar-benar diperhatikan dari segala aspek. Baik dari pemilihan motor, ESC dan baterai.

2. Dasar Teori

2.1 Kerangka (*frame*)

Komponen yang utama adalah *frame* atau kerangka dari *drone* itu sendiri. Sebuah *drone* sangat memerlukan *frame* karena sebagai penentu pada saat pengaturan awal dan kalibrasi. *Frame* juga menentukan jumlah motor dan *Electronic Speed Control* (ESC) yang akan digunakan sehingga bisa mempengaruhi pada daya angkat *drone* yang akan di buat.

2.2 Flight controller Pixhawk

Flight controller (FC) merupakan otak atau pengendali utama sebuah drone yang mana nantinya akan menentukan aktivitas dari drone misalnya arming, take off dan lain sebagainya. *Flight controller* bertugas untuk mengendalikan, mengatur kecepatan pada motor, ketinggian, arah, kemiringan dan lain sebagainya. Pixhawk adalah *system autopilot advance* yang dirancang dan dikembangkan oleh proyek PX4 terbuka *hardware* dan diproduksi oleh 3D Robotik. Merupakan fitur dari prosesor yang canggih dan teknologi sensor dari *STMicroelectronic* dan sistem operasi *real-time* NuttX, memberikan kinerja yang luar biasa, fleksibilitas dan keandalan untuk mengendalikan setiap kendaraan *autonomos* [6].

2.3 ESC (*Electronic Speed Control*)

Adalah komponen yang terhubung langsung dengan output FC dan juga terhubung dengan motor. Fungsi dari ESC adalah untuk mengatur arus tenaga dari baterai berdasarkan input dari FC. FC dapat menggerakkan 2 motor yang sebelah kiri agar berputar lebih cepat dari motor yang sebelah kanan ataupun sebaliknya, sehingga bisa membuat *drone* bergerak ke kanan maupun ke kiri (*rolling*). Fungsi dari ESC yaitu untuk mengatur arus tenaga dari baterai berdasarkan input dari FC. Untuk menghitung arus maksimal(amp) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini [7].

$$Amp = \frac{Watt}{MaxVolt} + \left(\frac{Watt}{MaxVolt} \times 10\% \right) \quad (1)$$

2.4 Motor Brushless

Motor *brushless* adalah motor yang biasanya digunakan untuk smart *drone*. Karena motor tersebut dapat diatur kecepatannya dengan ESC. Dengan memiliki polaritas berbeda, maka pada saat arus melewati salah satu dari tiga fasa akan menghasilkan magnet dan menarik medan magnet permanen.

2.5 Baling-baling (*propeller*)

Propeller dengan ukuran yang besar akan memiliki momen inersia yang lebih besar sehingga tidak menimbulkan percepatan sudut yang terlalu besar karena perubahan percepatan motor. Dengan kecepatan yang realtif tidak berubah-ubah secara drastis yang menyebabkan *drone* lebih mudah dikendalikan dan terbang stabil [8]. *Propeller* atau baling-baling pada drone berfungsi untuk menghasilkan tekanan melalui udara bebas. Pemasangan *Propeller* tidak boleh terbalik dan harus sama dengan putaran motor. Pada *quadcopter* memiliki 2 baling-baling yang putarannya searah dengan jarum jam (*clockwise/CW*) dan 2 baling-baling berlawanan denag arah jarum jam (*counterclockwise/CCW*).

2.6 GPS (Global Positioning System)

Global Positioning Sistem (GPS) merupakan sistem navigasi yang menggunakan lebih dari 24 satelit MEO (Mediu Eart Orbit atau Medium Eart Orbit) yang mengelili bumi. GPS memiliki sebutan lain NAVSTAR (*Navigation Satelite Timing and Ranging Global Positioning System*) yang mempunyai tiga segmen diantaranya: satelit, pengontrol dan penerima/pengguna. Satelit GPS mengorbit pada bumi dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinatnya pasti), seluruhnya berjumlah 24 satelit dan hanya 23 satelit yang aktif bekerja dan 3 satelit sisanya adalah cadangan [9].

2.7 Telemetri

Telemetri berasal dari kata Bahasa Yunani, tele berarti jauh dan metron berarti pengukuran, telemetri dapat diartikan sebuah kegiatan pengukuran yang dilakukan dari jarak jauh [10]. Telemetri digunakan untuk mengirim dan penerima data berupa sinyal atau gelombang radio. Ada 2 macam telemetri, satunya ada di darat yang terpasang pada laptop/GCS dan satunya lagi menempel ke *quadcopter*. Dengan adanya telemetry yang bisa berkomunikasi langsung antara satu sama lain, maka seorang pilot yang ada di bumi bisa mengetahui situasi dan kondisi *quadcopter* ketika berada di udara.

2.8 Remote control

(rotor). Hal ini yang menyebabkan rotor berputar sesuai arah stator dan perubahan pada medan magnet stator akan menyebabkan rotor bergerak mengikuti stator secara konstan [11]. Pada umumnya diangkat atau nilai berbanding lurus dengan kecepatan putaran motor (rpm). Nilai KV yang besar menunjukkan rpm yang tinggi dan menghasilkan torsi yang rendah. Sedangkan KV yang rendah (rpm kecil) akan menghasilkan torsi (daya angkat) yang besar.

Teknologi pengendali adalah alat atau perangkat elektronik untuk mengoperasikan *drone*, baik dari jarak dekat maupun jauh. *Remote control* terdiri dari *transmitter* (pengirim) dan *receiver* (penerima) data. Pengiriman data bisa berupa *pulse postiton modulation* (ppm) atau *pulse code modulation* (pcm) dengan frekuensi 27, 35, 72 dan 2,4 Ghz.

2.9 Kamera Mini FPV Eachine

Kamera fpv merupakan kamera yang terpasang di drone yang digunakan untuk menangkap gambar atau video secara langsung yang kemudian dikirim melalui transmiter (Tx) serta hasilnya akan ditampilkan di dalam LCD/laptop.

2.10 Baterai

Baterai merupakan komponen yang sangat penting untuk menerbangkan *drone*, dikarenakan sebagai power untuk mengaktifkan seluruh komoponen. Kapasitas pada

baterai mempengaruhi waktu terbang *drone*. Semakin besar kapasitas (mAh) baterai yang digunakan, maka waktu terbang *drone* akan semakin selama. Seperti yang ditunjukkan pada [12].

$$T = \left(\frac{C(\text{mAh})}{I(\text{A})} \right) \times 60 \quad (2)$$

Nilai $I(\text{A})$ dapat diketahui terlebih dahulu dengan cara mencari nilai daya (P) total yang digunakan oleh motor pada saat mengangkat *drone* 3.

$$\text{Power}(W) = \text{Thrust}(g) \times \left(\frac{\text{Dayamotor}(W)}{\text{Totalbeban}(g)} \right) \quad (3)$$

Jika nilai pada daya sudah ditemukan, maka selanjutnya mencari nilai pada $I(\text{A})$ dengan rumus 4 sebagai berikut.

$$I = \frac{P}{V} \quad (4)$$

Tidak hanya pada kapasitas baterai saja, akan tetapi *discharge* (pelepasan/pengosongan) pada baterai juga mempengaruhi waktu terbang *drone*. Efektivitas 80% hanya digunakan ketika *drone* terbang biasa (*takeoff* maupun *hover*) [13].

Persamaan 5 berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung waktu terbang *drone*.

$$T = \left(\frac{C(\text{mAh}) \times D(\%)}{I(\text{A})} \right) \times 60 \quad (5)$$

2.11 Tentang Dronekit-python

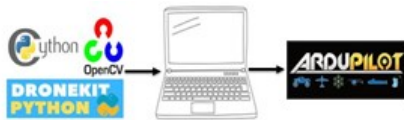
Sistem kerja dari *Drone-Kit*, yaitu *open loop* dan *close loop*. Dimana ketika program dijalankan, maka akan langsung terhubung dengan *Ardupilot* melalui pengiriman data lewat *telemetry*. *Ardupilot* adalah salah satu *open source autopilot hardware* dan *software* yang mampu mengendalikan kendaraan tak berawak (UAV) secara otomatis. *Dronekit-python* juga dapat digunakan untuk GCS (*Ground control station*) yang dapat berkomunikasi dengan kendaraan melalui tautan latensi yang lebih tinggi. Latensi adalah interval waktu antara simulasi dan respon atau dari sudut pandang yang lebih umum penundaan waktu antara penyebab dan efek dari beberapa perubahan fisik dalam sistem yang diamati [14].

2.12 Pengolahan Citra Digital

Suatu bentuk dari sebuah pemrosesan sinyal atau dengan input dalam bentuk gambar (image) yang ditransformasi menjadi gambar lain sebagai output dengan teknik tertentu dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas pada citra atau gambar [15].



Gambar 1. Wiring prangkat keras (*hardware*) sistem secara keseluruhan



Gambar 2. Desain *software*

3. Perancangan Sistem dan Metode

3.1 Perancangan *Hardware*

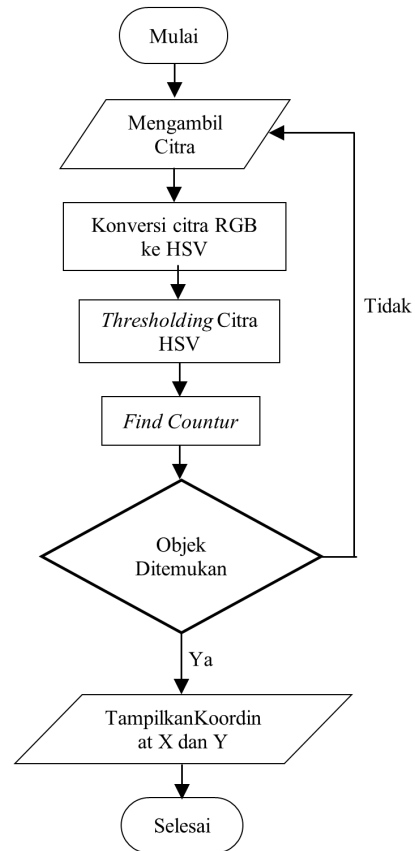
Tahap ini adalah rancangan dari cara kerja sistem pada *drone* dan integrasi antara *remote control*, *flight controller*, ESC (*Electronic speed control*), *motor brushless*, kamera FPV, laptop dan *power supply* yang dapat dilihat pada Gambar 1.

3.2 Perancangan *Software*

Perancangan *software* terdiri dari pemrograman bahasa *Python*, *OpenCV*, *Dronekit-python* dan *Ardupilot*. Akan tetapi aplikasi yang digunakan adalah *Ardupilot* dan *python* dikarenakan *OpenCV* dan *Dronekit-python* masuk pada *library* pada pemrograman bahasa *Python*. *Library OpenCV* digunakan dalam proses pengolahan citra digital, sedangkan *Dronekit-python* digunakan agar bisa terhubung pada *flight controller (Ardupilot)*, seperti ditunjukkan Gambar 3.

3.3 Metodologi

Proses deteksi objek menggunakan metode *color filtering HSV*. *Color filtering HSV* adalah teknik dari pengolahan citra yang digunakan dalam memanipulasi sebuah citra berdasarkan warna dengan cara membandingkan *pixel* citra dengan warna spesifikasinya. Jika warnanya sesuai dengan spesifik warna *pixel*, maka dibiarkan dan apabila tidak sesuai, maka akan diubah menjadi warna background atau hitam.



Gambar 3. *Flowchart* deteksi objek

Berikut adalah tahapan pengolahan citra dengan metode *color filtering HSV*.

1. Tangkapan Citra

Dalam memproses sebuah citra, maka harus menyediakan citra terlebih dahulu agar bisa ditangkap oleh kamera. Oleh karena itu harus memasukkan *library OpenCV* pada program *python*.

2. Pre-processing

Beberapa proses akan dilakukan dalam tahap ini pada citra asli sebagai berikut;

(a) Konversi citra RGB ke citra HSV

Dalam pemrograman bahasa *python* untuk mengkonversi RGB ke HSV menggunakan fungsi berikut.

`hsv=cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2HSV)`
Fungsi tersebut digunakan untuk mengubah setiap piksel pada citra RGB menjadi HSV dengan hasil yang sama.

(b) Binerisasi

Kemudian dilakukan binerisasi yang mana akan membuat citra terbagi menjadi dua bagian yaitu *background* dan objek dengan

menggunakan fungsi yang ada di OpenCV.
`frame = cv2.inRange(hsv, bawah, atas)`
 bawah dan atas pada fungsi tersebut merupakan nilai ambang untuk pemisahan *background* dan objek yang akan dideteksi pada citra HSV yang mana bawah untuk menentukan nilai minimal dan atas untuk nilai maksimalnya.

3. Segmentasi citra

Kemudian citra akan dipilih berdasarkan relatifitas warna keabuan, warna, tekstur, *shape* dan sebagainya. Pada segmentasi ini dipilih sesuai dengan kontur yang paling besar.

```
cnts=cv2.findContours(frame.copy(),
cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX
_SIMPLE)[-2]
```

Fungsi di atas bertujuan untuk mengambil kontur yang paling besar sesuai dengan nilai ambang yang sudah ditentukan.

4. Feature Extraction

Untuk mengekstraksi fitur atau ciri dari sebuah citra yang sudah disegmentasi dengan cara membatasi piksel objek sehingga objek yang diseleksi hanya yang paling besar saja. Pembatasan pada citra berdasarkan lebar kontur dari setiap segmen yang didapat dari sebelumnya yang kemudian dilanjutkan dengan mencari titik tengah pada kontur yang paling besar tersebut.

```
center = (int(M["m10"] / M["m00"]),
int(M["m01"] / M["m00"])),
center = (x, y)
```

Titik *x* dan *y* diperoleh dengan membagi luasan kontur yang didapat pada citra kontur yang paling besar dan kemudian nilainya ditampung pada variable *center*.

5. Identifikasi

Setelah citra berhasil diekstraksi kemudian akan diidentifikasi dengan menggunakan marking pada objek yang terseleksi. Marking berguna untuk menandai objek yang terseleksi pada warna citra yang sudah dilakukan binerisasi sebelumnya.

```
cv2.circle(img, (int(x), int(y)), int(radius), (255,
255, 255), 2)
```

Pada baris program tersebut, kontur ditandai dengan menggunakan lingkaran warna putih pada tepi disekeliling konturnya dengan batas radius kontur.

```
cv2.circle(img, center, 5, (0, 0, 255), -1)
```

Pada baris program `cv2.circle()`, kontur akan ditandai dengan titik warna merah dengan posisi marking terletak pada titik tengah yang pada subbab 3.3.4 ditampung pada variable *center*.



Gambar 4. *Quadcopter* dan GCS / laptop

4. Hasil dan Pengujian

Gambar 4 menampilkan hasil rancangan *quadcopter* pada GCS / Laptop yang digunakan. Pada umumnya semua benda yang terbang memiliki daya angkat maupun daya dorong yang lebih besar daripada berat benda tersebut. Untuk menerbangkan sebuah benda harus bisa melawan gaya gravitasi bumi. Karena semua benda yang ada di bumi akan dipengaruhi oleh gravitasi bumi (gaya tarik bumi) yang menyebabkan semua benda yang dilempar ke atas akan jatuh atau kembali lagi ke bumi. Dalam pembuatan pesawat maupun *drone*, maka terlebih dahulu harus dirancang dan direncanakan besar dan berat *drone* yang ingin dibuat. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam pemilihan komponen-komponen yang akan dibeli nantinya, misalnya ingin membuat sebuah *drone* yang memiliki berat sekitar 1500-2000 g. Sebuah benda dapat terbang jika memiliki daya dorong atau daya angkat yang lebih besar dibandingkan dengan berat benda tersebut. Maka dalam hal ini untuk melakukan lepas landas, daya angkat yang dibutuhkan oleh *drone* minimal 2500 g atau 3000 g. Artinya daya angkat yang dimiliki oleh *drone* harus lebih besar daripada berat beban yang dibawa oleh *drone* ($thrust > weight$). *Thrust* adalah gaya yang dihasilkan oleh propeller (baling-baling) dan motor dalam satuan g. Pada dasarnya parameter pada benda yang terbang adalah *thrust* (daya angkat) dan *weight* (berat benda).

4.1 Perhitungan beberapa komponen *drone* (*Quadcopter*)

Sangat penting dalam membuat *drone* apabila mengetahui terlebih dahulu tentang fungsi dari komponen-komponen yang akan digunakan. Sebab pemilihan komponen juga akan berpengaruh pada kualitas pada *drone* yang akan dibuat.

Berikut ini adalah rumus secara umum hubungan komponen *drone* pada baterai, ESC dan motor.

1. Arus ESC \geq Arus Maks Motor.

Untuk arus ESC bisa langsung dilihat pada spesifikasi ESC dan juga bisa dihitung menggunakan rumus 1 sebelumnya.

$$Amp = \frac{120Watt}{12Volt} + \left(\frac{120Watt}{12Volt} \times 100\% \right)$$

$$Amp = 10A + 10A$$

$$Amp = 20A$$

Dari hasil perhitungan dengan persentase 100% dihasilkan nilai arus ESC sebesar 20 A tanpa menambahkan nilai aman. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase adalah tinggi rendahnya posisi *stick throttle* pada *remote control*. Artinya pada saat persentase yang digunakan adalah 10%, maka posisi *stick throttle* tidak begitu tinggi yang menyebabkan motor *brushless* berputar tidak begitu kencang. Sehingga arus yang dibutuhkan oleh motor juga tidak begitu besar yaitu hanya 11 A. Namun pada saat *throttle* maksimum (100%), nilai arus pada motor bisa mencapai 20 A atau lebih. Hal itulah yang menyebabkan pada pengujian dengan menggunakan ESC 20 A bisa panas dikarenakan arus yang diminta lebih kecil atau sama dengan arus motor. Jika menggunakan nilai aman antara 10-20% dari arus maksimal sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Amp &= 20A + (20 \times 10\%) \\ Amp &= 20A + 2A \\ Amp &= 22A \end{aligned}$$

Jadi ESC yang digunakan tidak boleh kurang dari 22 A. Pada penelitian ini kami menggunakan ESC dengan nilai arus sebesar 30 A untuk mengambil nilai amannya agar tidak terjadi kerusakan pada ESC seperti panas maupun terbakar.

2. Arus ESC ≤ Arus Maks Baterai ≥ Arus Maks Motor.

Untuk arus maksimal baterai diperoleh dengan mengalikan kapasitas baterai (mAh) dengan rating baterai (C) seperti pada rumus (3) yang kemudian dikonversi menjadi satuan ampere dengan dibagi 1000. Misalnya baterai dengan kapasitas 5400 mAh dengan rating 35C, maka $5400 \times 35 \div 1000 = 189A$. Jika arus maksimal yang dihasilkan dibawah permintaan ESC dan motor, maka baterai akan cepat kembung dan bisa memperpendek umur serta mengurangi kemampuannya dalam menyimpan tenaga. Kapasitas (mAh) pada baterai juga mempengaruhi waktu terbang drone. Untuk mengetahui waktu terbang dapat digunakan rumus 2 sampai 5.

$$\begin{aligned} Power(W) &= Thrust(g) \times \left(\frac{Dayamotor(W)}{Totalbeban(g)} \right) \\ P &= 880g \times \left(\frac{120W}{1500g} \right) \\ P &= 880 \times 0.08 \\ P &= 70.4W \end{aligned}$$

Setelah daya sudah ditemukan kemudian dilanjutkan mencari arus menggunakan rumus 3.

$$\begin{aligned} Arus(I) &= \frac{Daya(P)}{Tegangan(V)} \\ I &= \frac{70.4W}{11.1V} \\ I &= 6.3A \end{aligned}$$

Kemudian arus tersebut dikalikan dengan jumlah motor yang akan digunakan. Misalnya quadcopter (4 motor) maka dihasilkan arus rata-rata sebagai berikut.

$$I = 6.3 \times 4 = 25.2A$$

Langkah yang terakhir adalah menghitung waktu terbang pada drone menggunakan rumus 5

$$\begin{aligned} T &= \left(\frac{C(mAh) \times D(\%)}{I(A)} \right) \times 60 \\ T &= \left(\frac{5.4(A) \times 80\%}{25.2(A)} \right) \times 60 \\ T &= \left(\frac{4.32(A)}{25.2(A)} \right) \times 60 \\ T &= 0.17 \times 60 \\ T &= 10.2menit \end{aligned}$$

4.2 Pengujian *Takeoff* dan *landing* dengan menggunakan GCS/laptop

Untuk melakukan *takeoff* dengan laptop atau GCS (*Ground control station*) dibutuhkan *software* tambahan yaitu aplikasi *python*, *library dronekit-python*, *system* telemetri dan GPS. Telemetri digunakan untuk mengirim data dari GCS ke *quadcopter*, sedangkan GPS digunakan untuk menentukan titik kordinat (*waypoint*) agar *quadcopter* bisa terbang secara otomatis. Sistem kerja *dronekit* yaitu *open loop* dan *close loop*, dimana ketika program dijalankan akan langsung terhubung dengan *Ardupilot* melalui telemetri.

Dari hasil pengujian *takeoff* quadcopter dengan menggunakan GCS / laptop, maka didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 90.9% dan kegagalannya adalah 9.1%, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

4.3 Pengujian kestabilan pada Drone berdasarkan Ketinggian dan Posisi

Pengujian ini dilakukan beberapa pengujian di tempat dan waktu yang berbeda. Dalam pengujian yang menjadi parameter dari kestabilan pada *quadcopter* adalah ketinggian dan posisi dari *quadcopter*. Pada FC Pixhawk sudah dilengkapi dengan sensor barometer yang bisa mengetahui perubahan dan tekanan udara (penentu ketinggian) dan GPS untuk menentukan posisi (*latitude* dan *Longitude*) *quadcopter*. *Latitude* adalah garis yang melintang di antara kutub utara dan kutub selatan, yang menghubungkan antara sisi timur dan barat

Tabel 1. Takeoff dan landing menggunakan GCS atau Laptop

No	Latitude	Longitude	Takeoff
1.	-7.12524283661226	112.724329987541	True
2.	-7.12524283661226	112.724329987541	True
3.	-7.12524283661226	112.724329987541	True
4.	-7.12524283661226	112.724329987541	True
5.	-7.12516216002733	112.724393606186	True
6.	-7.12516216002733	112.724393606186	True
7.	-7.12516216002733	112.724393606186	True
8.	-7.12516216002733	112.724393606186	True
9.	-7.13046016951627	112.723768651485	False
10.	-7.13046016951627	112.723768651485	True
11.	-7.13046016951627	112.723768651485	True
12.	-7.13027553034158	112.723729759455	False
13.	-7.13027553034158	112.723729759455	True
14.	-7.13027553034158	112.723729759455	True
15.	-7.13027553034158	112.723729759455	True

bagian bumi. *Longitude* adalah garis membujur yang menghubungkan antara sisi utara dan sisi selatan bumi (kutub).

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 jika dilihat dari posisi awal dan pada saat drone terbang dapat diambil kesimpulan bahwa tingkat kestabilan pada drone yang kami buat sangat bagus dikarenakan perubahan pada angkanya sangat kecil.

4.4 Pengujian deteksi padasebuah objek berdasarkan warna

Dalam pengujian ini dilakukan kalibrasi warna untuk menentukan nilai HSV, seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Deteksi objek bertujuan untuk memisahkan objek/foreground dari citra latar. Nilai tersebut kemudian dimasukkan pada program untuk melakukan deteksi pada objek yang sudah ditentukan.

Dari hasil pengujian deteksi warna pada objek yang berdimensi 115 cm dengan ketinggian maksimal 15 m, maka didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 90.9% dan kegagalannya adalah 9.1%. Ilustrasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 2. Kestabilan pada Drone berdasarkan Ketinggian dan Posisi

No	Kondisi Awal		Pada saat terbang	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
1.	-7.1285872	112.7259345	-7.1285847	112.7259358
2.	-7.1285872	112.7259345	-7.1285875	112.7259378
3.	-7.1285872	112.7259345	-7.1285870	112.7259351
4.	-7.1285872	112.7259345	-7.1285859	112.7259344
5.	-7.1285872	112.7259345	-7.1285868	112.7259349
6.	-7.1282638	112.7257521	-7.1282651	112.7257568
7.	-7.1282638	112.7257521	-7.1282664	112.7257547
8.	-7.1281073	112.7256336	-7.1281027	112.7256319
9.	-7.1281073	112.7256336	-7.1281004	112.7256311
10.	-7.1281073	112.7256336	-7.1281060	112.7256337
11.	-7.1281073	112.7256336	-7.1281097	112.7256305



Gambar 5. Pengujian dengan ketinggian 15 m dan ukuran objek 115 cm

5. Penutup

Pada penelitian ini, perancangan drone yang digunakan adalah drone jenis multirotor yaitu tipe quadcopter (4 motor dan baling-baling). Dari hasil pengujian takeoff quadcopter dengan menggunakan GCS / laptop, maka didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 93.3% dan kegagalannya adalah 6.7%. Drone yang kami buat bisa terbang dengan waktu maksimal 10.2 menit dengan kapasitas baterai 5400 mAh. Dari hasil pengujian deteksi warna pada objek yang berdimensi 115 cm dengan ketinggian maksimal 15 m, maka didapatkan tingkat keberhasilan sebesar 90.9% dan kegagalannya adalah 9.1

Daftar Pustaka

[1] N. Arifin, "Bagaimana hutan indonesia sebagai paru-paru dunia di masa depan," 2018.

[2] 1,7 juta hektar lahan terbakar, indonesia mulai terima bantuan negara lain. [Online]. Available: <https://www.mongabay.co.id/2015/10/>

Tabel 3. Hasil deteksi objek dengan ukuran 115 cm

No	Range Low			Range High			Tinggi	Ket
	H	S	V	H	S	V		
1.	0	42	187	45	255	255	3 m	True
2.	0	42	187	45	255	255	5 m	True
3.	0	42	187	45	255	255	6 m	True
4.	0	42	187	45	255	255	7 m	True
5.	0	42	187	45	255	255	8 m	True
6.	0	42	187	45	255	255	9 m	True
7.	0	42	187	45	255	255	10 m	False
8.	0	23	157	25	255	255	5 m	True
9.	0	23	157	25	255	255	6 m	True
10.	0	23	157	25	255	255	7 m	True
11.	0	23	157	25	255	255	8 m	True
12.	0	23	157	25	255	255	10 m	True
13.	0	35	170	65	255	255	7 m	True
14.	0	35	170	65	255	255	8 m	True
15.	0	35	170	65	255	255	10 m	False
16.	0	41	207	28	255	255	9 m	True
17.	0	41	207	28	255	255	10 m	True
18.	0	41	207	28	255	255	11 m	True
19.	0	41	207	28	255	255	12 m	True
20.	0	41	207	28	255	255	13 m	True
21.	0	41	207	28	255	255	14 m	True
22.	0	41	207	28	255	255	15 m	True

09/17-juta-hektar-lahan-terbakar-indonesia-mulai\ -terima-bantuan-negara-lain-2/

[3] F. A. Nugroho, R. Sumiharto, and R. M. Hujja, "Pengembangan sistem ground control station berbasis internet webserver pada pesawat tanpa awak," *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–12, 2018.

[4] A. A. Farghani, R. Sumiharto, and S. B. Wibowo, "Purwarupa ground control station untuk pengamatan dan pengendalian unmanned aerial vehicle bersayap tetap," *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2013.

[5] U. W. T. P. Putro, T. K. Priyambodo, and R. Sumiharto, "Pengembangan antarmuka stasiun pemantauan pesawat tanpa awak menggunakan

aplikasi android," *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, vol. 4, no. 2, pp. 113–122, 2014.

[6] M. Y. Tamtomi, S. R. Sulistiyanti, and M. Komarudin, "Rancang bangun wahana udara tanpa awak vtol-uav sebagai wahana identifikasi dini kondisi udara berbasis video sender," *ELECTRICIAN–Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro Rancang*, vol. 10, no. 3, p. 201, 2016.

[7] R. A. N. Lema, "Flight controller pada sistem quadcopter menggunakan sensor imu (inertial measurement unit) berbasis mikrokontroler atmega 2560."

[8] Pengalaman merakit drone. [Online]. Available: <http://mssamhan.blogspot.com/2017/07/pengalaman-merakit-drone.html>

[9] M. Zaky, A. Mufti, and A. Rahman, "Perancangan sistem kendali berbasis gps (global positioning system) pada kapal tanpa awak," *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, dan Elektro*, vol. 3, no. 2, 2018.

[10] C. Sepic, "Berbasis power factor correction (pfc)," vol. 5, no. 2, 2016.

[11] A. G. Alfaseno and S. Suryono, "Rancang bangun sistem telemetri multi-channel untuk monitoring suhu dan ph air menggunakan jaringan wifi," *Youngster Physics Journal*, vol. 4, no. 4, pp. 257–264, 2015.

[12] G. Ononiwu, A. Okoye, J. Onojo, and N. Onuekwusi, "Design and implementation of a real time wireless quadcopter for rescue operations," *American Journal of Engineering Research*, vol. 5, no. 9, 2016.

[13] How to calculate quadcopter flight times. [Online]. Available: <http://www.rcdronegood.com/quadcopter-battery-calculator-flight-times/>

[14] Latency (engineering). [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Latency_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Latency_(engineering))

[15] H. Mulyawan, "Identifikasi dan tracking objek berbasis image processing secara real time," *EEPIS Final Project*, 2011.