

**Implementasi *Image Processing* pada Master *Multi-Quadcopter*  
dengan Komunikasi Telemetry**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Rafid Ahmad Dwi Arif

220441042



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA OTOMASI  
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

Tugas Akhir yang berjudul:

**Implementasi *Image Processing* pada Master *Multi-Quadcopter*  
dengan Komunikasi Telemetri**

Oleh:

Rafid Ahmad Dwi Arif

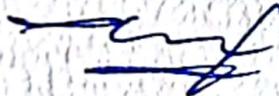
220441042

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program  
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)  
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 5 Agustus 2024

Disetujui,

Pembimbing I,



Suharvadi Pancono, Dipl.Ing.HTL.,

MT.

NIP. 196701171990031004

Pembimbing II,



Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T.,

M.Sc.Eng.

NIP. 199704192022032012

Disahkan,

Penguji I,



Dr.Eng. Pipit Anggraeni,

S.T., M.T., M.Sc.Eng.

NIP. 197908242005012001

Penguji II,



Siti Aminah, S.T., M.T.

NIP. 197408172009122001

Penguji III,



Danu Java Saputro,

S.T., M.Sc.

NRP. 224401001

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafid Ahmad Dwi Arif  
NIM : 220441042  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mektronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Image Processing* pada Master  
*Multi-Quadcopter* dengan Komunikasi  
Telemetry

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 30 – 07 – 2024  
Yang Menyatakan,

(Rafid Ahmad Dwi Arif)  
NIM 220441042

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Rafid Ahmad Dwi Arif  
NIM : 220441042  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mektronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Image Processing* pada Master *Multi-Quadcopter* dengan Komunikasi Telemetri

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 11 – 07 – 2024  
Yang Menyatakan,

(Rafid Ahmad Dwi Arif)  
NIM 220441042

## **MOTO PRIBADI**

Selalu libatkan Allah.

Kita ga bisa apa-apa tanpa pertolongan-Nya, dan

Kalo Allah udah nolong kita, semuanya gaada apa-apanya. (QS. 3 : 160)

Muslim itu ikhtiar sungguh-sungguhnya seolah-olah ikhtiar adalah segalanya,

Lalu bertawakal sepenuhnya seolah-olah ikhtiarnya tidak ada apa-apanya.

## ABSTRAK

Konflik perbatasan antarnegara terus menjadi ancaman yang konsisten terhadap perdamaian dan keamanan. Tidak hanya di tingkat nasional, tetapi juga mempengaruhi stabilitas keamanan dan perdamaian di tingkat internasional. Pemanfaatan *drone* sebagai alat untuk memantau perbatasan wilayah dinilai sangat potensial karena ukuran *drone* yang kecil dan mobilitasnya yang sangat fleksibel. Penelitian ini memanfaatkan sistem *multi-UAV leader-follower* untuk melakukan pelacakan lintasan dalam rangka memantau batas wilayah. Pada penelitian sebelumnya, fitur yang ada masih belum bisa mencakup hal tersebut. Sehingga diperlukan implementasi *image processing* dalam penelitian sebagai pengenalan bentuk dan letak batas wilayah. Penelitian ini juga menggunakan modul radio telemetri sebagai media komunikasinya yang berfungsi untuk mengirim dan menerima informasi. Dengan memanfaatkan teknologi tersebut, harapannya komunikasi dapat tetap berlangsung walaupun sistem bekerja di daerah yang sulit dijangkau. Hasil pengujian menunjukkan seluruh sistem dapat berjalan dengan baik. Setiap fungsi yang ada pada sistem (komunikasi telemetri, *capture image*, *transfer image*, dan *compare image*) dapat bekerja sebagaimana mestinya. Komunikasi telemetri dapat dilakukan hingga jarak lebih dari 300 m dengan waktu respon berkisar dari 3-115 detik dengan rata-rata waktu respon selama 5 detik di dalam ruangan dan 13 detik di luar ruangan. Keberhasilan pengiriman data berkisar dari 10%–80% di luar ruangan. *Image processing* juga bekerja dengan baik. Sistem dapat mengetahui arah dan pergeseran *marker* dengan ketelitian hingga milimeter ( $10^{-3}$  m) dengan nilai *error* berkisar dari 16,67% – 29% untuk gambar yang diambil oleh *webcam* dan 4% - 12,5% untuk gambar yang diambil oleh kamera HP.

**Kata kunci:** Batas wilayah, *image processing*, *multi-UAV*, *telemetry*, UART.

## ABSTRACT

*Border conflicts between countries continue to be a consistent threat to peace and security. Not only at the national level, but also affects security stability and peace at the international level. The use of drones as a tool to monitor regional borders is considered to have great potential because of the drone's small size and very flexible mobility. This research utilizes a multi-UAV leader-follower system to track trajectories in order to monitor territorial boundaries. In previous research, existing features still could not cover this. So it is necessary to implement image processing in research to identify the shape and location of regional boundaries. This research also uses a radio telemetry module as a communication medium which functions to send and receive information. Information will be transmitted from the workstation to the drone. By utilizing this technology, it is hoped that communication can continue even though the system works in areas that are difficult to reach. The test results show that the entire system can run well. Every function in the system (telemetry communication, image capture, image transfer, and image compare) can work as it should. Telemetry communications can be carried out at distances of more than 300 m with response times ranging from 3-115 seconds with an average response time of 5 seconds indoors and 13 seconds outdoors. Data transmission success ranges from 10%–80% outdoors. Image processing also works well. The system can determine the direction and shift of markers with an accuracy of up to millimeters ( $10^{-3}$  m) with error values ranging from 16.67% – 29% for images taken by webcam and 4% - 12.5% for images taken by smartphone cameras .*

**Keywords:** Area boundaries, image processing, multi-UAV, telemetry, UART

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Konflik perbatasan antar negara merupakan ancaman yang konsisten terhadap perdamaian dan keamanan, tidak hanya di tingkat nasional, tetapi juga mempengaruhi stabilitas keamanan dan perdamaian di tingkat internasional [1]. *Unmanned aerial vehicle* (UAV) atau yang umumnya dikenal sebagai *drone* telah mengalami evolusi yang sangat cepat, mencakup sistem, kendali, keamanan, dan komunikasinya [2]. *Drone* dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, salah satunya adalah penjagaan perbatasan suatu wilayah [3]. Pemanfaatan *drone* sebagai alat untuk memantau perbatasan wilayah dinilai sangat potensial [4] karena ukuran *drone* yang kecil dan mobilitasnya yang sangat fleksibel. Oleh sebab itu, pemantauan batas wilayah dapat dilakukan dengan leluasa, sekalipun letaknya berada di tempat yang sulit dijangkau oleh manusia. Sebagai upaya untuk menambah efektivitas dalam penggunaannya dikembangkanlah sebuah sistem yaitu multi uav. *Multi-UAV* ialah penggabungan dari *Unmanned aerial vehicle* (UAV) atau *drone* yang saling berkomunikasi untuk saling berbagi informasi dan berinteraksi dalam membuat keputusan sesuai dengan misi yang diberikan [2]. Penelitian mengenai *drone* ini sudah beberapa kali dilakukan. Pipit Anggraeni dkk. telah melakukan implementasi komunikasi *Wi-Fi* pada *leader-follower trajectory multi-uav* [2]. Billie Pratama dkk. pada tahun 2018 berhasil melakukan pelacakan lintasan dan pengontrolan *attitude* pada *quadcopter* [5]. Setahun setelahnya ia dkk. juga sukses meningkatkan kontrol formasi dan pelacakan lintasan pada *leader-follower multi-uav* [6]. Hilda Khoirunnisa dkk. telah berhasil melakukan implementasi *IR lock* untuk *precision landing* pada *drone* [7]. Muhammad Adi Saputra dkk. pada tahun 2021 telah membuat sistem pengendali *drone* dengan *smartphone* [8]. Jürgen Scherer dkk. telah meneliti *multi-UAV system* dalam penggunaannya untuk misi pencarian dan penyelamatan [9]. Jeremi Gancet dkk. sudah meneliti perencanaan dan pengendalian tugas *multi-uav* dalam hal arsitektur dan algoritmanya [10]. Durgesh Haribhau Salunkhe dkk. berhasil meneliti terkait pemodelan, estimasi, dan pengendalian pada *drone* [11]. Pada penelitian lain, UAV

telah diintegrasikan dengan IOT [12], ditambahkan antena telemetri jenis *dipole* [13], digunakan sebagai pengantar paket [14], dan dikembangkan untuk mengirim *first-aid unit* [15]. Meninjau penelitian-penelitian sebelumnya, belum ada penelitian yang memanfaatkan komunikasi telemetri sebagai media pengiriman data antara *workstation* dengan *drone*.

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan telemetri sebagai media komunikasi pada sistem *drone*. *Telemetry* akan memancarkan sinyal untuk mengirim dan menerima informasi [13]. Informasi akan ditransmisikan dari *workstation* ke *drone*. Dengan memanfaatkan teknologi tersebut, harapannya komunikasi dapat tetap berlangsung walaupun sistem bekerja di daerah yang sulit dijangkau.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian di atas, rumusan masalah penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana *drone* berkomunikasi dengan *workstation*?
2. Bagaimana jarak dan waktu respon komunikasi telemetri?
3. Bagaimana kinerja *image processing* pada sistem?

## **I.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, bahasan penelitian akan dibatasi dengan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Jumlah *drone* adalah 2 buah.
2. *Raspberry* yang digunakan yaitu *Raspberry Pi 4 model B*.
3. Komunikasi UAV dan *workstation* menggunakan *telemetry*.
4. Koordinat awal *drone quadcopter* dimasukan terlebih dahulu di program.
5. Perangkat lunak yang digunakan untuk membuat sistem pada *Ubuntu Linux* 20.04 dan berbasis ROS *Noetic*.
6. Pengujian dilakukan hanya pada sistem komunikasi dan *image processing* tidak membahas mengenai mekanikal pada alat.

#### **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji kinerja sistem komunikasi *telemetry* antara UAV dan *workstation* serta *image processing* pada sistem.

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Membantu menjaga keutuhan suatu wilayah;
2. Mencegah konflik/sengketa perbatasan;
3. Menjaga keamanan suatu wilayah.

#### **I.5 Sistematika Penulisan**

BAB I PENDAHULUAN, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

BAB III PERANCANGAN SISTEM, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL IMPLEMENTASI DAN ANALISIS, berisi hasil pengujian pada beberapa domain dan pengujian sistem kaitan dengan tuntutan yang harus dipenuhi.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian lebih lanjut.